

# **ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD**



Bogotá – Colombia / PBX: (571) 3 257500 / Calle 74 no. 14 – 14  
e- mail: [info@usa.edu.co](mailto:info@usa.edu.co)

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA  
EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
DE EQUIPOS INDUSTRIALES

ANDRÉS MAURICIO BARBOSA COMETTA  
EVARISTO DAVID RODRÍGUEZ ZAMBRANO  
WENDY JOHANA ROPAÍN AYALA

ESCUELA DE POSTGRADOS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD  
BOGOTÁ D.C.  
2016

AUTORES DE LA INVESTIGACIÓN:

ANDRÉS MAURICIO BARBOSA COMETA  
EVARISTO DAVID RODRÍGUEZ ZAMBRANO  
WENDY JOHANA ROPAÍN AYALA

Este proyecto de grado ha sido aprobado para optar al título de especialista en Especialización en gerencia integral de la calidad. En constancia firman:

<b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>
<b>JURADO</b>
<b>DIRECTOR DE LAS ESPECIALIZACIONES</b>
<b>COORDINADOR DE PROYECTOS DE GRADO.</b>

Bogotá, D.C., 30 de marzo de 2016

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág
1. ANTECEDENTES	8
2. JUSTIFICACIÓN	11
3. OBJETIVOS	15
3.1. Objetivo General	15
3.2. Objetivos Específicos	15
4. ALCANCE	16
5. VARIABLES	17
5.1. Variable Dependiente	17
5.2. Variables Independientes	17
5.3. Variables Intervinientes	17
6. HIPÓTESIS	18
7. METODOLOGÍA	19
8. MARCO REFERENCIAL	21
8.1. MARCO CONTEXTUAL	21
8.1.1. Fundamentos y conceptos de Metrología	21
8.1. 2. Sectores de la Metrología	24
8. 2. Marco histórico del laboratorio de metrología de Avianca.	25
8.3. Marco geográfico y socioeconómico del laboratorio de metrología de Avianca.	27
8.4. Marco cultural	28

8. 5. Proceso de Calibración	29
8. 6. Calidad en el contexto de la metrología.	31
9. MARCO TEÓRICO	33
9.2. AUTORES	33
9.2.1. W. Edwards Deming	33
9.2.2. Joseph M. Juran	36
9.2.3. Kaoru Ishikawa	37
9.2.3.1. Diagrama causa y efecto/espina de pescado	39
9.2.3.2. Diagramas de Pareto	40
9.3. CÍRCULOS DE CALIDAD	41
9.4. REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD	42
9.5. DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS	44
9.6. NORMATIVIDAD	45
9.7. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)	50
10. MARCO CONCEPTUAL	52
11. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL DE PROCESO DE CALIBRACIÓN	59
12. CAUSAS DE FALLAS EN ENTREGA Y CALIDAD DE EQUIPOS CALIBRADOS	63
12.1. Análisis correspondiente al año 2011	64
12.2. Análisis correspondiente al año 2012.	66
12.3. Análisis correspondiente al año 2013	69
12. 4 Análisis correspondiente al año 2014	72

13.HERRAMIENTA APLICADA PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUSAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN QUE GENERAN LAS ENTREGAS TARDÍAS	75
--	----

15. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN Y DISMINUR EL IMPACTO DE LAS CAUSAS DETERMINADAS POR ENTREGAS TARDÍAS Y CALIDAD DEL SERVICIO DE CALIBRACIÓN.	86
---	----

16. PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL CALIBRACIÓN QUE IMPACTE COMO MECANISMO DE CONTROL PARA ASEGURAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA Y LA CALIDAD DEL SERVICIO.	93
---	----

17. ANALISIS DE BRECHAS Y PROPUESTAS DE MEJORA	106
--	-----

18. ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD	110
--	-----

19. PROPUESTA DE PLAN DE AUDITORIA	119
------------------------------------	-----

20. CONCLUSIONES	122
------------------	-----

21. RECOMENDACIONES	125
---------------------	-----

22. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	126
--------------------------------	-----

## ANEXOS

## LISTADO DE GRÁFICAS

	Pág
Gráfica N° 1. Entregas tardías de los equipos calibrados. Año 2014	14
Gráfica N° 2 Causas frecuentes de devoluciones de equipos durante el proceso de calibración. Año 2013	14
Gráfica N° 3 Diagrama de flujo del actual sistema de gestión de calidad del laboratorio de calibración.	62
Gráfica N° 4. Problemas y su grado de incidencia. Año 2011	64
Gráfica N° 5. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2011	66
Gráfica N° 6. Problemas y su grado de incidencia. Año 2012	67
Gráfica N° 7. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012	68
Gráfica N° 8. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012	69
Gráfica N° 9. Problemas y su grado de incidencia. Año 2013	70
Gráfica N° 10. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013	71
Gráfica N° 11. Problemas y su grado de incidencia. Año 2014	72
Gráfica N° 12. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014	74
Gráfica N° 13. Porcentaje de entregas tardías en la entrega de equipos. Año 2014	85

## LISTADO DE TABLAS

	Pág
Tabla N° 1 Problema y su grado de gravedad	63
Tabla N° 2. Problema y su grado de incidencia. Año 2011	64
Tabla N° 3. Grado de impacto de cada problema. Año 2011	65
Tabla N° 4. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2011	65
Tabla N° 5. Problema y su grado de incidencia. Año 2012	66
Tabla N° 6. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012	67
Tabla N° 7. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012	68
Tabla N° 8. Problema y su grado de incidencia. Año 2013	69
Tabla N° 9. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013	70
Tabla N° 10. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013	71
Tabla N° 11. Problema y su grado de incidencia. Año 2014	72
Tabla N° 12. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014	73
Tabla N° 13. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014	73
Tabla N° 14. Resultados de calificación del servicio por parte de los clientes. Año 2014	83
Tabla N° 15. Información sobre las demoras. Año 2014	84



## LISTADO DE ANEXOS

### TIEMPOS DE CALIBRACIÓN

Tabla N° 1. Tiempos estimados de entrega de acuerdo a las variables de calibración.

## 1. ANTECEDENTES

El Laboratorio de Calibración de Avianca se encuentra ubicado en el Hangar 3 en la zona aeroportuaria de la ciudad, en lo que actualmente es conocido como Puente Aéreo. La empresa es un laboratorio de calibración de equipos de medición acreditado bajo las normas de la ANSI<sup>1</sup> American National Standard Institute y de la NCSL<sup>2</sup> National Conference of Standards Laboratories, en su versión Z540-1.

Además, está acreditado por las normas de la ISO/IEC17025: 2005<sup>3</sup> a través del ente internacional llamado ACLASS<sup>4</sup>, la cual es una vertiente de la Junta Nacional de la ANSI, quienes acreditan los laboratorios de ensayo y calibración, bajo los estándares establecidos por las organizaciones antes mencionadas que surgieron en los Estados Unidos de Norte América.

El ACLASS certifica nacional e internacionalmente al laboratorio como compañía competente para realizar calibraciones y trabajos de metrología.

El laboratorio se creó hace aproximadamente 40 años, los que ha demostrado un crecimiento y consolidación en el mercado, hasta alcanzar la importancia y magnitud con la que cuenta actualmente, fue creado teniendo en cuenta la necesidad de la Aerolínea Avianca para mantener un mejor control de los estándares de calidad requeridos por entes internacionales como, la FAA<sup>5</sup> Federal Aviation Administration en los Estados Unidos y la EASA<sup>6</sup> (European Aviation Safety Agency); sobre el manejo, ensayo y calibración de los equipos y

---

<sup>1</sup> ANSI-American National Standard Institute-(Instituto Nacional de Estándares Americano)

<sup>2</sup> NCSL National Conference of Standards Laboratories (Conferencia Nacional de Estándares de Laboratorios)

<sup>3</sup> (International Organization for Standardization- Internacional Electrotechnical Commission) Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. Actualización 2005.

<sup>4</sup> ACLASS. Organismo multidisciplinario que ofrece acreditación de laboratorio diferentes áreas de calibración y pruebas, adscrito a la ANSI

<sup>5</sup> Federal Aviation Administration - Administración Federal de Aviación.

<sup>6</sup> EASA European Aviation Safety Agency - Agencia Europea de Seguridad de Aviación.

herramientas requeridas para el óptimo funcionamiento de las aeronaves y todos los temas a prever para una aeronavegabilidad segura.

Por lo cual, luego de analizar aspectos internos de la compañía y del entorno, se realizó la inversión necesaria para constituir el laboratorio como fuente de ahorros, ingresos y un filtro en la calidad de los procesos, puesto que no sería necesario un proveedor para realizar las calibraciones de los equipos; además, se abriría un mercado innovador en el país y se mantendría un mayor alcance de control en lo relacionado a las técnicas y métodos de calibración indicados por los estándares internacionales.

Para llegar a este punto, fue necesario el compromiso incansable de la Alta Gerencia, ya que para la conformación del laboratorio de calibración se requirió realizar una importante inversión en infraestructura, adecuaciones, nuevas tecnologías y la generación de nuevos empleos para su continuo crecimiento.

Con el transcurrir del tiempo, el laboratorio se ha mantenido en constante evolución gracias a las auditorias de los principales entes internacionales mencionados anteriormente y a la iniciativa de la aerolínea en ser proactivos en la creación, implementación y sostenimiento de los procesos de calidad.

En razón al funcionamiento del laboratorio, se pudo evidenciar que se requería la aplicación de nuevas técnicas y herramientas que permitieran elevar el nivel del laboratorio; por lo cual, se llegó a la conclusión de acreditarlo en la norma específica para laboratorios creada por la ISO, para la aplicación de éstas normas en los procedimientos que se realizan. En consecuencia, se ve obligado el laboratorio en acreditarse bajo las normas ANSI/NCSL Z540-1-1194 y ISO/IEC 17025: 2005, las cuales abrieron las puertas a un nuevo paradigma, brindándole un nuevo status a la compañía propiciado por la Alta Gerencia, debido a que cataloga la empresa entre una de las que se encuentra certificada y estandarizada en sus procesos cumpliendo con los requisitos de calidad internacionalmente reconocidos.

Hoy en día es un laboratorio de calibración que continúa con sus acreditaciones vigentes, en diferentes variables como lo son: variables eléctricas (DC, AC, RF, potencia, tiempo y frecuencia, capacitancia, inductancia, resistencia entre otras), variables físicas (Presión, torque, fuerza, dimensionales, temperatura y humedad), biomédica y otras variables que se relacionan con equipos específicos para trabajar en las aeronaves.

Paralelo a esto, el laboratorio se ha abierto al mercado nacional y pasó de ser una empresa al servicio exclusivo de la aerolínea, a prestar el servicio de calibración y metrología a los diferentes sectores de la industria como: el sector de alimentos, compañías petroleras, entre otros; ofreciendo la calidad brindada por los estrictos estándares que rigen los procesos del laboratorio, dando a su vez una trazabilidad a todas las calibraciones brindadas y un servicio de calidad.

A pesar de la evolución del mercado y la competencia creciente el laboratorio ha logrado un buen posicionamiento, sin embargo, se ha evidenciado la necesidad de mantener no sólo un excelente estándar en los procesos de calibración, sino de consolidar y mejorar la prestación del servicio al cliente, la oportunidad en la entrega del producto; con el propósito de fortalecer el mercado objetivo y potencial de clientes.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Con este trabajo se busca mejorar el sistema de gestión a la calidad, que ayude a desarrollar los procesos de metrología en las variables que afectan al cliente externo, los medios y metodologías que evidencien las causas de insatisfacción relacionados con el cumplimiento de los tiempos de entrega y las potenciales fallas que presentan durante el proceso de calibración.

Teniendo en cuenta la naturaleza de la organización y la existencia previa de un modelo de gestión de calidad, se hace necesario hacer un engranaje entre las herramientas que ofrecen la norma NTC-ISO-IEC 17025-2005 sobre Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, y modelos de Gestión para el éxito sostenido de una organización, con enfoque Sistémico de Gestión de la Calidad; Esto permitirá establecer los procesos y procedimientos a mejorar dentro del sistema, y con el fin de eliminar los problemas que se presentan relacionados con dos aspectos fundamentales:

1. La entrega tardía de los equipos calibrados a los respectivos clientes debido a falencias en el proceso de calibración por diferentes causas, (Ver Gráfica N° 1) y
2. Fallas en la calibración de los equipos por errores realizados en los diferentes procesos que conllevan la calibración generando reproceso. (Ver Gráfica N° 2)

Los aspectos anteriores tienen incidencia en la satisfacción del cliente, por lo cual en las primeras etapas del proyecto se definió, desarrollar un proceso de inspección que generará dichos reportes, sobre las causas específicas de las fallas, errores, retrasos y devoluciones en el proceso de calibración, para poder documentar el problema. A continuación se relaciona ésta información procesada inicialmente.

Teniendo como evidencia de los reportes mencionados los problemas más comunes que se presentan como son:

Problema 1: Este problema trata de todas aquellos informes de calibración retornados por problemas ortográficos, espacios en blanco, redacción, configuración del computador (pie de página), en general mal diligenciamiento de la historia de calibración.

Problema 2: Este problema muestra aquellos informes retornadas por inspección debido a problemas de estimación de incertidumbre, cálculos de tolerancia, cálculos errados de TUR, TAR<sup>7</sup> y reporte de incertidumbre más baja de la reportada en el Scope. Este problema es demasiado grave debido a que esos reportes son trabajos no conformes y pueden ser causa de sanciones y el levantamiento de la acreditación del proceso del laboratorio, es general fallas en las estimaciones y los cálculos.

Problema 3: Esta razón de reproceso indica los trabajos retornados relacionados con la inspección visual del inspector hacia la unidad bajo prueba evaluada. En este se retorna debido a que el instrumento se encuentre sucio, no operativo, mal funcionamiento, mal marcada la serie número y sellos informativos no correspondientes o en mal estado, en general fallas en el equipo durante la inspección.

Problema 4: Este problema describe los reprocesos que generan al introducir datos incorrectos al software metrológico Metrack<sup>8</sup> realizados por los operarios (metrólogos); en general incongruencias de los datos ingresados en el Metrack por el área técnica.

---

<sup>7</sup> Evaluación de trazabilidad: (TUR, Traceability Uncertainty Ratio) Relación entre la incertidumbre del equipo y la incertidumbre del patrón; (TAR, Traceability Accuracy Ratio) Relación entre la exactitud del equipor y la exactitud del patrón.

<sup>8</sup> Metrack: Software especializado para trazabilidad metrológica, utilizado en el laboratorio de calibración.

Problema 5: En el problema 5 tenemos los errores cometidos por la persona encargada de recibo y despacho quien ingresa al sistema Metrack los datos del equipo a calibrar (normalmente los almacenistas), los cuales al no crear la identificación del equipo de forma adecuada o no ingresarlos los datos correspondientes generando incongruencia en la información o una no actualización en la orden de trabajo, en general incongruencias en el ingreso de los datos en el sistema por parte de Recibo.

Problema 6: El problema se define por la clasificación de todos aquellos trabajos retornados debido a la falta de soportes como lo son la falta de una firma, documentos y/o especificaciones, OEM (Original equipment manufacture)<sup>9</sup>, EWO (Engineer work order)<sup>10</sup> y papeles de Receiving inspection, en general, documentación devuelta por falta de soporte.

Problema 7: Este inconveniente aplica a aquella situación en la cual el instrumentó no se encuentra en el área de inspección adjunto a la historia de calibración o viceversa.

Problema 8: Esta situación corresponde a aquel trabajo retornado debido a la falta de aplicación de las actividades del procedimiento de calibración, hoja de datos errónea, tipo de calibración no coincide a la realizada y patrones no coinciden con las pruebas de la unidad bajo prueba, en general falta de adherencia al procedimiento de calibración.

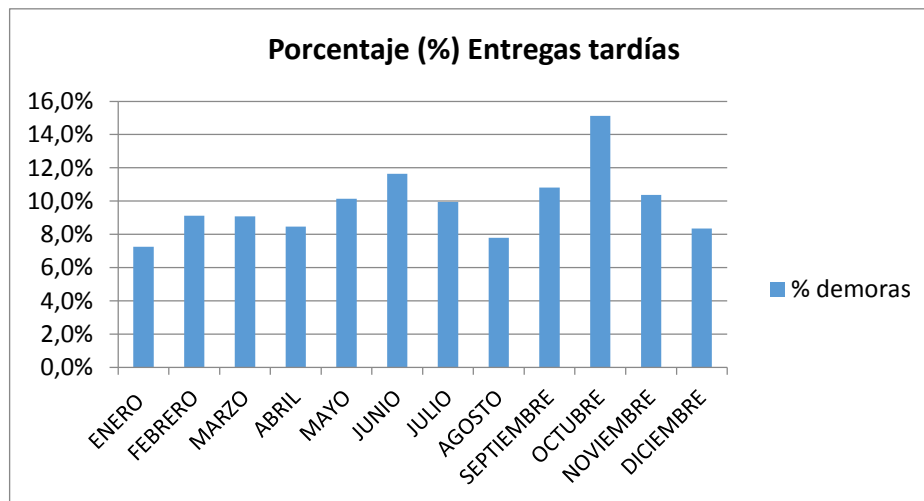
Para la entrega tardía de equipos, se puede observar que la causa de retrasos en la entrega de equipos corresponde a incongruencias en los datos de requerimientos y de calibración.

---

<sup>9</sup> OEM (Original equipment manufacture): Equipo original del fabricante

<sup>10</sup> EWO (Engineer work order): Orden de trabajo del ingeniero

Gráfica N° 1. Entregas tardías de los equipos calibrados. Año 2014

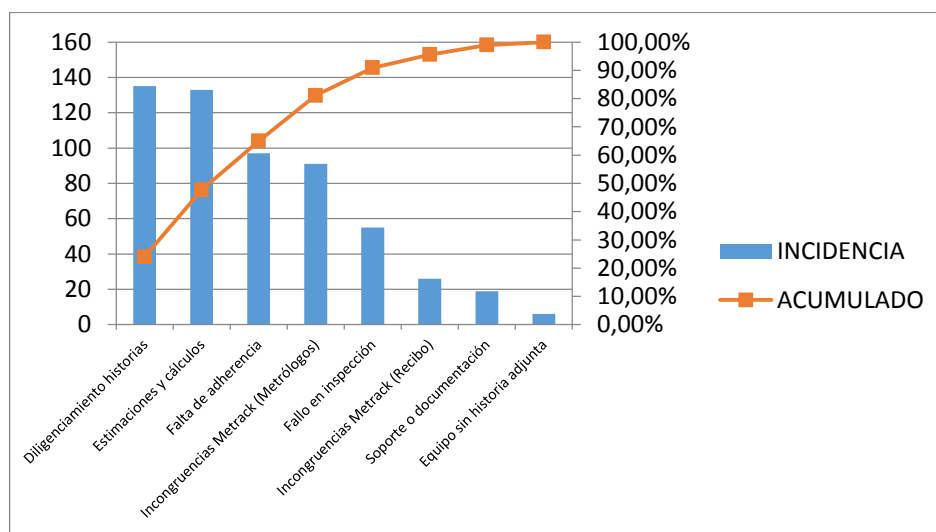


Fuente: Bases de datos Historias y causas de devoluciones. Año 2014

De acuerdo al informe compendiado del año 2013 con respecto a una muestra de 562 registros, en relación a las devoluciones y después de analizarlo, se evidencia que la mayor causa de devolución de equipos en el proceso de certificación de la calibración son los errores en el diligenciamiento de las historias de calibración y los errores en los cálculos y estimaciones. Durante ese año, se realizaron en total 3.730 servicios metrológicos.

Gráfica N° 2 Causas frecuentes de devoluciones de equipos durante el proceso de calibración.

Año 2013



Fuente: Bases de datos Historias y causas de devoluciones. Año 2013



### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

Mejorar el actual sistema de gestión de calidad para el servicio de metrología en un laboratorio de calibración de equipos industriales.

#### 3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar las causas por las cuales no se entrega el servicio a tiempo, evaluando los procesos y sus posibles causas a la insatisfacción del cliente.
2. Determinar los procesos involucrados en el sistema de gestión de la calidad en el laboratorio de calibración con el propósito de detectar las causas de los reprocesos que generan las entregas tardías.
3. Determinar mecanismos de control para mantener los mejoramientos propuestos, con ello asegurar los tiempos de entrega y la calidad del servicio.
4. Analizar la herramienta de evaluación y satisfacción al cliente determinando si la información es eficaz y útil para el mejoramiento del sistema de gestión de calidad.

#### 4. ALCANCE

El proyecto se desarrollará en las instalaciones del Laboratorio de Calibración de la aerolínea Avianca, en el Hangar Tres (3), también conocido como Hangar Simón Bolívar, ubicado en el Puente Aéreo, localidad de Fontibón de la ciudad de Bogotá D. C; y se realizará el mejoramiento del sistema de calidad para el servicio y entrega al cliente en todas las etapas del proceso de calibración de equipos.

## 5. VARIABLES

### 5.1. Variable Dependiente

- ❖ Nivel de desempeño del proceso de calibración en cuanto a nuevos tiempos de entrega y calidad del servicio.

### 5.2. Variables Independientes

- ❖ Comunicación entre cliente externo y cliente interno.
- ❖ Capacidad de los equipos durante la calibración.
- ❖ Existencia y causas de las inconformidades.
- ❖ Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración
- ❖ Estado de llegada de los equipos al laboratorio de calibración.
- ❖ Capacitación del personal.

### 5.3. Variables Intervinientes

- ❖ ANSI-Z540-1-1194
- ❖ ISO/IEC17025: 2005
- ❖ ISO/9001 2008.

## 6. HIPÓTESIS

Mejorando el actual sistema de gestión de calidad, enfocando su propósito en la disminución de los reprocesos y con ello mejora en los tiempos de entrega; se elevará el nivel de satisfacción del cliente del servicio metrológico prestado por el laboratorio.

## 7. METODOLOGÍA

La metodología a utilizar se realizará con base en el ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) el cual es una herramienta útil que nos permite identificar las oportunidades de mejora, transformar los procesos de la organización e implementar actividades de acuerdo a los requerimientos del cliente; permitiendo el mejoramiento del sistema actual de gestión de calidad

Para la aplicación de ésta metodología se desarrollan, las siguientes actividades en cada una de las etapas del ciclo:

### **Planear:**

- ✓ Determinar las actividades inmersas en el proceso de calibración, desde el momento en el que un instrumento o equipo ingresa al laboratorio hasta el momento que es entregado al cliente, y cómo estas actividades se encuentran establecidas dentro del actual sistema de calidad, afectan los tiempos de entrega y la calidad del servicio, es decir, determinar la(s) problemática(s) del laboratorio.
- ✓ Aplicación de la herramienta AMEF (Análisis de modo y efecto fallas) con el propósito de definir las actividades, que afectan potencialmente el flujo del proceso de calibración actual, es decir, medir los grados de impacto de la(s) problemática(s).
- ✓ Determinar las causas que afectan directamente en los tiempos de entrega del servicio al cliente mediante el uso de herramienta estadística de Pareto, con el propósito de clasificarlas de acuerdo a su grado de impacto dentro de la(s) problemática(s).
- ✓ Determinar el nivel de desempeño del proceso de calibración con base en el nivel de error en el servicio, tanto detectado internamente, como aquellos que se convierten en quejas y reclamos por parte del cliente.

**Hacer:**

- ✓ Evaluar la(s) problemática(s) relacionadas con el esquema general del laboratorio, las normas técnicas internacionales que lo rigen, así como los procedimientos internos, con el fin de proponer el mejoramiento del sistema de gestión actual.
- ✓ Definir los cambios y mejoras a aplicar en el flujo actual del proceso de calibración mediante el análisis de las causas que afectan tanto el tiempo como la calidad del servicio.
- ✓ Estandarizar los cambios que permitan mejorar los tiempos de entrega de equipos y la satisfacción del cliente.

**Verificar:**

- ✓ Medir el nivel de mejora proyectado en un nuevo AMEF (Análisis de modo y efecto de fallas).

**Actuar:**

- ✓ Con base en las etapas anteriores del ciclo PHVA, determinar las propuestas de mejora del sistema de gestión de calidad del laboratorio y permita eliminar la(s) problemática(s)

## 8. MARCO REFERENCIAL

### 8.1. MARCO CONTEXTUAL

#### 8.1.1. Fundamentos y conceptos de Metrología

La Metrología es la ciencia de las mediciones y éstas son una parte permanente e integrada de nuestro diario vivir que a menudo perdemos de vista. En la metrología se entrelazan la tradición y el cambio; los sistemas de medición reflejan las tradiciones de los pueblos pero al mismo tiempo estamos permanentemente buscando nuevos patrones y formas de medir como parte de nuestro progreso y evolución.

Es por medio de diferentes aparatos e instrumentos de medición que se realizan pruebas y ensayos que permiten determinar la conformidad con las normas existentes de un producto o servicio; en cierta medida, esto permite asegurar la calidad de los productos y servicios que se ofrecen a los consumidores.

Las mediciones correctas tienen una importancia fundamental para los gobiernos, para las empresas y para la población en general, ayudando a ordenar y facilitar las transacciones comerciales. A menudo las cantidades y las características de un producto son resultado de un contrato entre el cliente (consumidor) y el proveedor (fabricante); las mediciones facilitan este proceso y por ende inciden en la calidad de vida de la población, protegiendo al consumidor, ayudando a preservar el medio ambiente y contribuyendo a usar racionalmente los recursos naturales.

Las actividades relacionadas con la Metrología dentro de un país son responsabilidad de una o varias instituciones autónomas o gubernamentales y, según sus funciones, se caracteriza como Metrología Científica, Legal o Industrial, dependiendo de su aplicación.

La primera está encargada de la investigación que conduce a la elaboración de patrones sobre bases científicas y promueve su reconocimiento y la equivalencia de éstos a nivel internacional. Las otras dos están relacionadas con la diseminación a nivel nacional de los patrones en el comercio y en la industria. La que se relaciona con las transacciones comerciales se denomina Metrología Legal y busca garantizar, a todo nivel, que el cliente que compra algo reciba la cantidad efectivamente pactada. La otra rama se denomina Metrología Industrial y se relaciona con la industria manufacturera; persigue promover en la industria manufacturera y de servicios la competitividad a través de la permanente mejora de las mediciones que inciden en la calidad.

Actualmente, con la dinamización del comercio a nivel mundial, la Metrología adquiere mayor importancia y se hace más énfasis en la relación que existe entre ella y la calidad, entre las mediciones y el control de la calidad, la calibración, la acreditación de laboratorios y la certificación. La Metrología es el núcleo central básico que permite el ordenamiento de estas funciones y su operación coherente las ordena con el objetivo final de mejorar y garantizar la calidad de productos y servicios.

La Metrología a nivel de país juega un papel único y se relaciona con el Gobierno, con las Empresas y con la Población, relación conocida como el modelo G.E.P.

A nivel de Gobierno, este modelo es esencial para entender el papel de una infraestructura que se requiere instalar y que sirve de apoyo en la elaboración de políticas y regulaciones para la elaboración y fabricación de productos y la prestación de servicios, tanto de origen nacional como de proveniencia extranjera.

Así mismo, el Gobierno debe tomar conciencia de que la capacidad de mediciones indica el nivel de desarrollo tecnológico del país en determinados campos, ya sea para la fabricación de productos o la prestación de servicios en diferentes áreas (manufactura, salud, educación, etc.), lo cual incide



directamente en la capacidad de competitividad de las empresas. A nivel internacional compiten las empresas, no los gobiernos, y uno de los pilares de la competitividad internacional es la calidad, por lo que conviene insistir y destacar que la metrología es una condición necesaria (aunque no suficiente) para lograr la calidad.

A nivel de Empresa, la competitividad se mide entre otras cosas por la capacidad de innovar. La innovación se puede dar en procesos productivos o administrativos, en productos, en servicios, etc. Es básica para la búsqueda permanente de la calidad a través de la mejora continua de las actividades.

El proceso de mejora continua en el cual se usan parámetros de medición que nos permiten comparar lo que veníamos realizando con lo nuevo que se implementó, o sea que la medición forma parte integrante del proceso de innovación. En un medio de mejora continua lo único permanente es el cambio. Con la mejora continua de las actividades generalmente se busca que las empresas ganen mercados y puedan ampliar sus facilidades de producción lo cual, a su vez, abre la oportunidad de crecer y ampliar la oferta de nuevos empleos.

Desde el punto de vista de la Población, la Metrología es fundamental para apoyar el control de los productos que se fabrican y su impacto sobre el bienestar de la población. La población permanentemente consume productos nacionales y extranjeros y es la Metrología la llamada a ayudar a determinar que esos productos de consumo respondan a normas o especificaciones sobre salud y seguridad. Su relación con la población tiene un doble efecto: no solamente ayuda a la creación de nuevos empleos a través de impulsar el desarrollo de las empresas, sino también ayuda a la protección de ésta al velar por el contenido, la calidad y la seguridad de los productos que se consumen y su impacto en el medio ambiente.

A nivel internacional, con la apertura comercial a nivel mundial, la Metrología adquiere mayor importancia frente a la creciente interdependencia entre las naciones. Cada día los países se ven más involucrados en la firma de

convenios, de tratados, bilaterales o regionales, etc. Estos involucran diferentes sectores (industria, comercio, salud, defensa, medio ambiente, etc.) y las empresas se ven confrontadas con esquemas de tipo internacional para su funcionamiento en cuanto a la manufactura, suministro de materiales, comercialización, etc. Si a esto le sumamos que los consumidores se guían cada vez más por patrones globales de consumo, es esencial contar con una infraestructura técnica que funcione como espina dorsal para la coordinación y ordenamiento a nivel global.

La percepción inicial de metrología deriva de su etimología: del griego metros medida y logos tratado. Concepto que debe ser casi tan antiguo como el ser humano: "tengo nada", "tengo algo", "tengo mucho"; expresiones que reflejan una comparación muy primitiva pero que perdura en la raza humana bajo muchos aspectos, al punto que actualmente podemos decir que metrología es la ciencia de las mediciones y que medir es comparar con algo (unidad) que se toma como base de comparación. (Moro Piñeros, 2000)<sup>11</sup>

#### 8.1. 2. Sectores de la Metrología

En la metrología existen tres sectores los cuales son la metrología científica, la metrología industrial y la metrología legal.

**Metrología científica:** Es toda aquella que se relaciona con experimentar innovar y crear nuevos métodos y procesos de medición desarrollando nuevos instrumentos.

**Metrología Legal:** Es toda aquella que se practica con una relación de intercambio monetario, ejemplo las básculas de las aerolíneas las cuales deben ser calibradas y por aquella medición el pasajero debe pagar debido a lo indicado por la balanza.

**Metrología industrial:** Es toda aquella metrología la cual sirve para el aseguramiento de un proceso industrial sea cual sea la variable.

---

<sup>11</sup> Moro Piñero María. (2000). Metrología: Introducción, conceptos e instrumentos. Oviedo, España: Servicio de Publicaciones Universidad de Oviedo.

El laboratorio de metrología de Avianca presta servicios legales, calibrando las básculas de aeropuertos y de algunas empresas de transporte de mercancías, al igual que también presta los servicios a la industria en general y especializada en algunas industrias aeronáuticas, mecánicas y en algunos casos petroleras

## 8. 2. Marco histórico del laboratorio de metrología de Avianca.

El laboratorio fue creado entre los años 75 y 76 cuando Avianca la aerolínea líder de nuestro país vio la necesidad de asegurar su proceso de mantenimiento y verificación de los instrumentos, con los cuales trabajaban en las aeronaves.

Con poco conocimiento debido a que en esa época la metrología apenas se estaba desarrollando y que prácticamente era un tema que pocos están relacionados y que su grado de importancia no era el adecuado. El laboratorio se creó principalmente para llevar un control de los equipos que venían del exterior, con el fin de dar cumplimiento a los requisitos de las autoridades internacionales de llevar un control estricto de los instrumentos.

Debido a esa necesidad de cumplir con los requisitos de autoridades internacionales y con la cantidad de instrumentos que tiene una empresa de tal tamaño, la alta gerencia comenzó a interesarse por el ahorro que tendría si se realizara dentro de la misma compañía aquel servicio metrológico, por lo tanto el laboratorio paso a ser un área de inspección de instrumentos provenientes del exterior a un taller, en la cual se realizaban calibraciones de acuerdo procedimientos de fabricantes.

Contando con poca instrumentación y poco recurso humano, el laboratorio fue adquiriendo infraestructura y personal para desarrollar las labores pertinentes a su nombre, aportando también con otros talleres, que se encontraban en el mismo hangar como lo era el taller de instrumentos, accesorios eléctricos, aviónica entre otros.

El taller de calibración reconocido en ese entonces fue tomando un auge importante logrando posicionarse como un laboratorio reconocido y lo más importante rentable, debido a la cantidad de los instrumentos a los que se les realizaban trabajos de calibración como eran los multímetros, osciloscopios, torquímetros y manometría, con esto la compañía conseguía un gran ahorro. Con aproximadamente 9 integrantes se desarrollaban las labores del laboratorio y no paro de crecer, adquiriendo más equipos patrones e involucrando un software de marca mundialmente reconocido por su desarrollo tecnológico.

Al acoger esos nuevos instrumentos patrón y un nuevo software para su implementación en el laboratorio, los directivos de Avianca pudieron analizar que la calibración constaba de algo más de comparar medidas y que con el tiempo el nivel de la metrología manejada avanzaría, el laboratorio involucro al mundo de la estimación de las incertidumbres de medición. La incertidumbre de la medición hizo subir de nivel el laboratorio debido a que así no estuviese acreditado en ese entonces los escritos relacionados de ese entonces todos hablaban de ella.

Al pasar del tiempo se urge la necesidad de la empresa de crecer y tener estándares de calidad altas, para cumplir con las regulaciones locales e internacionales y así poder diferenciarse de las demás compañías, como paso a la evolución y optimización de los procesos. Debido a lo anterior la Aerolínea consiguió que fuera acreditada en ISO 9001:2005, y por lo tanto obligando al laboratorio a buscar la acreditación ISO para el laboratorio.

El taller de calibración evoluciono a ser llamado laboratorio de metrología gracias a la alta dirección, otorgándole un nuevo espacio en el cual el laboratorio se ubica actualmente, donde se organizó y obtuvo la acreditación de parte de ACLASS organismo acreditador de origen americano de diferentes variables como lo son variables eléctricas (baja y alta frecuencia), presión, temperatura, humedad, torque, fuerza, masas y balanzas y dimensionales con especialidad en algunos instrumentos aeronáuticos.

El laboratorio en el 2014 se le renovó la acreditación y cuenta con un Scope<sup>12</sup>(alcance) de los más amplios en la industria colombiana. Utilizando tal alcancé no solo para prestar un óptimo servicio a la compañía si no para prestar esa calidad y esa experiencia a la industria en general.

Contando con el constante cambio de la industria, el incremento de la demanda, la innovación y la necesidad del mercado a la que se ha sometido el laboratorio, esto han generado retrasos en los servicios y problemas de calidad, obligando al laboratorio a tomar medidas al respecto, por lo cual el proyecto se ha presentado como un estudio, evaluación y diseño de posibles mejoras al proceso de calibración en el laboratorio de metrología de Avianca.

#### 8. 3. Marco geográfico y socioeconómico del laboratorio de metrología de Avianca.

El laboratorio de metrología de Avianca presta sus servicios en especial a la misma aerolínea y a todos sus socios como lo son Aero-gal, Taca, Tampa entre otras, debido a ellos es una gran compañía reconocida a nivel nacional e internacional y debemos ser parte de los objetivos generales establecidos por la alta gerencia, por lo tanto el laboratorio presta servicios en diferentes partes del mundo como lo son Ecuador, Perú y el Salvador. Este tipo de metrología es especial ya que los instrumentos que se requieren para la operación principal de la compañía son de alta precisión y se requieren para la seguridad del vuelo y aeronavegabilidad por tratarse de una compañía que ofrece servicio de transporte de personas.

Aprovechando la versatilidad del laboratorio, este también presta servicio a clientes externos, generando un ingreso más. Este servicio va dirigido a la industria en general, ya sea petroleros, biomédicos, de transporte, cualquiera que sea debe contar con instrumentos de medición, independiente a su variable que se va medir, he allí el propósito del laboratorio de asegurar los

---

<sup>12</sup> Scope: se refiere a "todo" el trabajo que involucra crear los productos del proyecto y los procesos utilizados para crearlos.

procesos con la calibración y verificación metrológica de los instrumentos que intervienen en el control de aquellos procesos.<sup>13</sup>

Dado a que por medio de nuestro cliente principal el servicio metrológico se presta en parte de sur América y centro América, el servicio metrológico ofrecido y prestado a clientes externos se limita en Colombia dando como epicentro la ciudad de Bogotá, con la mayor cantidad de clientes externos de las diferentes industrias en el mercado, como lo son transporte aéreo, transporte terrestre, hidrocarburos, universidades, otros laboratorios de metrología entre otros.

#### 8. 4. Marco cultural

La aerolínea Avianca está acreditada bajo la norma ISO 9001:2005 (a la fecha de su actualización 2008) cumpliendo estándares de calidad añadiendo que las aeronaves son de propiedad de la misma compañía y tiene destinos a varios países del mundo, debe cumplir con los requisitos de las regulaciones aéreas de los países de destino, como por ejemplo, el ente regulatorio para los Estados Unidos de Norteamérica es la FAA (Federal Aviation Administration) y el de la Unión Europea es la EASA (European Safety Agency).

El laboratorio al ser parte de una aerolínea debe cumplir con los requisitos que se encuentran en los reglamentos aeronáuticos que solicitan las autoridades nacionales en este caso, para el caso de nuestro país, la Aeronáutica Civil de Colombia y como lo solicitan las normas internacionales, adicional a ello, debido a que el servicio que el laboratorio presta es de metrología, es necesario que incluya las normas técnicas especializadas en el tema. Con respecto a lo anterior el laboratorio de metrología de Avianca se acreditó bajo las normas ISO/IEC 17025:2005 norma internacional y ANSI NCLZ 540.1 norma americana para el aseguramiento metrológico y prestación del servicio de metrología, por lo cual el laboratorio cumple estrictamente con

---

<sup>13</sup> Archivo corporativo Aerolínea Avianca, Intranet. Historia de Laboratorio de metrología. Publicación año 2001. Actualización 2012. Quiénes somos.

dichas normas como “normas madres” sin excluir los requisitos presentados por los otros países y su normatividad<sup>14</sup>.

## 8. 5. Proceso de Calibración

El proceso de calibración se inicia con el diseño del instrumento de medida que ha de ser calibrado. El diseño tiene que ser capaz de tolerar la calibración a través de su intervalo de calibración. Es decir, el diseño tiene que ser capaz de tomar medidas que se encuentren dentro de la tolerancia ingenieril cuando se utiliza en condiciones ambientales durante un periodo de tiempo razonable. El mecanismo exacto para la asignación de valores de tolerancia varía según el país o el tipo de industria. En general, los fabricantes de equipos de medida, asignan la tolerancia en la medición, sugieren un intervalo de calibración y especifican el rango de utilización y almacenaje normales. El hecho de tener un diseño de estas características aumenta la probabilidad de que los instrumentos de medida actuales se comporten de la manera esperada. El siguiente paso es definir el proceso de calibración. La selección del estándar o estándares es la parte más visible del proceso de calibración. Idealmente, el estándar ha de tener menos de una cuarta parte de la incertidumbre de medida que viene dada por el aparato que ha de ser calibrado.

El proceso consiste en elegir un estándar que cumpla la norma anteriormente mencionada sobre la incertidumbre de medida y hacerlo servir para comparar su medida con la del aparato calibrado. Después de elegir un estándar con un grado de incertidumbre más ajustado y se repita la operación anterior. Este proceso se repite hasta que se llegue al estándar con la mayor certeza posible del cual se dispone en el laboratorio de calibración o de metrología. Este proceso establece la trazabilidad de la calibración.

---

<sup>14</sup> Fuente: Archivo corporativo. Aerolínea Avianca, Intranet de Avianca. Quiénes somos. Publicación año 2001. Actualización 2012.

Hay que decir que este proceso de calibración mediante estándares está prácticamente siempre, precedido de una inspección visual del instrumento, donde se comprueba que éste no presente ningún daño físico que se pueda apreciar a simple vista. Los resultados de esta inspección se denominan comúnmente como los datos encontrados de la inspección (datos del instrumento, tal como se han encontrado). Normalmente todo el proceso de calibración es encargado a un único técnico especializado que será el que se ocupe de documentar que la calibración se ha completado con éxito.

El proceso que se ha explicado anteriormente es un reto difícil y costoso. El costo del soporte técnico correspondiente a un equipamiento ordinario es, en general, de aproximadamente el 10% del precio de compra original en base anual. Otra maquinaria más exótica y/o compleja puede resultar aún más cara de mantener.

La extensión del programa de calibración expone las creencias principales de la organización involucrada. La integridad de la organización puede verse fácilmente en entredicho según el programa de calibración que se haya establecido. En general, se trata de que cada máquina de una organización tenga planeado un proceso de calibración concreto para ella. Por ejemplo, si una empresa dispone de varias máquinas iguales, las máquinas más viejas se emplearán para los trabajos menos exigentes y, por lo tanto, necesitarán de una calibración limitada. Las máquinas que se emplean a menudo y de las cuales depende el proceso de producción, en cambio, se habrán de calibrar de forma más habitual y con unas tolerancias bastante ajustadas. Por otra parte, cada máquina se habrá de calibrar solo en relación a la operación que desarrolle. Esto se refiere a que aunque la máquina realmente pueda realizar muchos más trabajos de las que realmente hace en el proceso de producción, solo se ha de calibrar la operación que realmente se efectúe de forma activa.



Este proceso de escoger y diseñar el proceso de calibración se ha de realizar para todos los instrumentos básicos que estén presentes en la organización.<sup>15</sup>

#### 8. 6. Calidad en el contexto de la metrología.

Un proceso productivo es un conjunto de transformaciones en las que se controlan múltiples variables para lograr un producto final que cumpla con las expectativas requeridas, por lo anterior no es posible admitir un proceso en el que no se controlen las características del producto a través de las mediciones. Producir y medir son actividades intrínsecas que se deben planear, ejecutar, controlar y mejorar de manera simultánea. Para garantizar un sistema de gestión de la calidad en cualquier tipo de organización es relevante contar con calidad en las medidas, ya que en los procesos industriales se recopila una vasta cantidad de datos que determinan el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los bienes producidos, a su vez permiten detectar tendencias en los procesos, lo que conduce a su regulación y por lo tanto a la búsqueda del mejoramiento continuo.

La calidad de las medidas es exigida dentro de las empresas por medio de normatividades, referenciales, solicitudes directivas y reglamentos internos, esta puede alcanzarse a través de calibraciones, verificación de equipos, cálculo de incertidumbres, validación de procesos de medida o control estadístico.

Los laboratorios metrológicos son los encargados de ofrecer los servicios de calibración de instrumentos a las diferentes empresas, sin embargo la mayoría de ellas desconocen los procedimientos de calidad con los cuales debe cumplir dicho laboratorio, para garantizar que las mediciones realizadas con sus instrumentos sean las adecuadas.

---

<sup>15</sup> Antonio Creus. (2009). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración. Barcelona: Marcombo. Centro de Metrología de España. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. Madrid : NIPO: 074-13-004-1 (Edición Digital).

Los sistemas de gestión de la calidad requieren un sistema de metrología efectivo que incluya la calibración formal, periódica y documentada de todos los instrumentos de medida. Las normas ISO 9001: 2008 e ISO/IEC 17025:2005 establecen que estas acciones tengan una alta trazabilidad e indican cómo se ha de cuantificar.<sup>16</sup>

Es conveniente que los organismos de acreditación que reconocen la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración se basen en la Norma ISO/IEC 17025 para sus acreditaciones. El creciente uso de los sistemas de gestión ha producido un aumento en la necesidad que los laboratorios que forman parte de organizaciones mayores o que ofrecen otros servicios, puedan funcionar de acuerdo con un sistema de gestión de calidad que se consideran tanto la norma ISO 9001: 2008 como ISO/IEC 17025:2005.

El uso de esta Norma Internacional facilitará la cooperación entre los laboratorios y otros organismos y ayudará al intercambio de información y experiencia, así como la armonización de normas y procedimientos.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> Guía General para el Aseguramiento de la medida. ([www.itcl.es/ficheros/GUIA%20GENERAL.pdf](http://www.itcl.es/ficheros/GUIA%20GENERAL.pdf)).

<sup>17</sup> Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025. 2005-10-26

## 9. MARCO TEÓRICO

Lo que hoy es la calidad se debe a la contribución de pioneros que hicieron avances revolucionarios desarrollando, describiendo y desplegando nuevas técnicas. Con el tiempo, se integraron nuevos métodos a las teorías existentes o se fundieron en marcos teóricos completamente nuevos, los cuales brindaron a la calidad enfoques comprensivos y sistemáticos.

En este proyecto nombraremos los pioneros principales, muy reconocidos por sus logros y visiones.

### 9.2. AUTORES

#### 9.2.1. W. Edwards Deming

Es tal vez el más reconocido pionero de la calidad. Su enfoque se basaba en la estadística, pero se centraba en las responsabilidades de la dirección. Mientras otros se enfocaban en detalles, él mantuvo una visión amplia, casi filosófica, que consideraba la calidad en términos económicos generales. Su “reacción en cadena” es un ejemplo bueno de su rango de visión.

En 1940 contribuyó con la oficina del censo aplicando técnicas estadísticas de muestreo. Después de la Segunda Guerra Mundial Deming fue a Japón patrocinado por el gobierno para contribuir con un censo poblacional. Mientras se encontraba allí fue invitado por la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses para dictar una serie de conferencias sobre técnicas estadísticas de control de calidad. Tomando como base el libro de Stewart. Luego el premio calidad japonés, el premio Deming fue nombrado así en su honor.

Deming jamás estableció una corta y única teoría de la calidad. En cambio elaboró una lista de catorce metas o consejos que él llamó “catorce puntos para la gestión”. Creía firmemente que estos puntos eran la base para la transformación de la industria norteamericana. Veía la calidad como una

obligación de la dirección, no veía con gran benevolencia aquello que él identificaba como el enfoque tradicional norteamericano de culpar a los trabajadores por los problemas de calidad. Estos son los 14 puntos o consejos en forma abreviada.

1. Cree constancia de propósito para el mejoramiento de los productos y servicios.
2. Adopte la nueva filosofía.
3. Cese la dependencia de la inspección masiva
4. Ponga fin a la práctica de recompensar negocios con base en el precio solamente.
5. Mejore constantemente y por siempre el sistema de producción y servicios.
6. Institucionalice la capacitación.
7. Adopte e institucionalice el liderazgo
8. Deshágase del miedo
9. Derrumbe las barreras entre las áreas de trabajo.
10. Elimine los eslóganes, exhortaciones y metas para la fuerza del trabajo.
11. Elimine las cuotas numéricas para la fuerza de trabajo; elimine objetivos numéricos para la gente de la dirección.
12. Remueva las barreras que le quitan a la gente el orgullo de ser un trabajador.
13. Promueva la educación y la superación personal de todos.
14. Ejecute acciones para la transformación.

Los 14 puntos deben ser tomados en conjunto. Adoptarlos parcialmente no es suficiente y ningún punto por sí solo es más importante que otro.

Deming también identificó prácticas que podrían prevenir la finalización de la transformación y las denominó las siete “enfermedades mortales” algunas están estrechamente relacionadas con las prácticas y de la calidad dentro de una organización. Otras se relacionan con eventos externos, incluso nacionales

como eventos financieros, de salud pública y legal. Estas son las siete enfermedades:

1. La enfermedad paralizadora: falta de constancia de propósito.
2. Énfasis en las ganancias de corto plazo.
3. Evaluación de desempeño, clasificación de méritos o revisiones anuales.
4. Movilidad de la gestión.
5. Manejo de una compañía solo con cifras visibles (contar el dinero).
6. Costos médicos excesivos
7. Costos de responsabilidad excesivos

#### Modelo PHVA

La metodología del ciclo Deming de la Calidad P.H.V.A. está conformado por cuatro etapas y 8 pasos dentro de las cuatro etapas, a saber:

1. Etapa Planear: Esta etapa contiene 4 pasos a seguir (identificación del problema, descripción del fenómeno, análisis de causas y plan de acción).
2. Etapa Hacer: Con un paso a seguir (ejecución del plan de acción).
3. Etapa Verificar: Con un paso a seguir (evidenciar el impacto de la mejora).
4. Etapa Actuar: con dos pasos a seguir (estandarización y documentación).

La importancia que en las empresas se siga una metodología para la solución de problemas bien estructurada, radica en que de esa forma los esfuerzos de mejora pueden lograr mejores resultados, ya que:

1. En lugar de atacar efectos y síntomas, se trata de llegar a las causas de fondo de los problemas.
2. Se sigue un plan de solución soportado en métodos y herramientas de análisis.
3. Permite enfocarse solo a lo importante.
4. Exige que cuando se logren soluciones, se estandarice su aplicación y se decidan medidas preventivas para que el problema no se vuelva a presentar y el avance logrado sea irreversible.
5. Se puede verificar si las soluciones realmente dieron resultado.

### 9.2.2. Joseph M. Juran

Juran también dio conferencias sobre calidad en Japón. Su enfoque se basa en los temas estratégicos y de planeación. Creía que la baja calidad resultaba de una planeación inadecuada o inefectiva, por lo cual propuso Trilogía Juran, un enfoque de calidad en tres pasos que incluyen planeación de la calidad, control de la calidad y mejoramiento de la calidad<sup>18</sup>. Su visión de que la calidad tiene dos aspectos; los rangos del producto y la ausencia de defectos.

De acuerdo con este pionero, el mejoramiento de la calidad depende de dos diferentes actividades: control y avance. El control garantiza que los procesos están desempeñándose consistentemente, libres de variación de causa asignable. El avance ocurre después de que un proceso es estudiado y se ha diseñado e implementado mejoras. Él sugiere que estas actividades no están separadas ni son secuenciales; pueden y deben ocurrir simultáneamente.

Juran también es conocido por el análisis de Pareto

, una técnica de calidad basada en el principio de la economía. Brevemente el análisis de Pareto reconoce que todos los posibles contribuyentes a los defectos de un producto no son igualmente responsables de los resultados. Un pequeño número de fuentes son usualmente responsables de la mayoría de los defectos. La meta es identificar ese pequeño número (las “pocas vitales”) y eliminarlas.

#### Trilogía de la Calidad

Unos de los aportes clave es lo que se conoce como la trilogía de la calidad, que es un esquema de administración funcional cruzada, que se compone de tres procesos administrativos: Planear, controlar y mejorar.

#### Planeación de la Calidad

- Identificar quienes son los clientes
- Determinar sus necesidades

---

<sup>18</sup> Juran, J.M. y Godfrey, A.B.. (1999). Juran's Quality Handbook. Nueva York: McGraw-Hill.

- Trasladar esas necesidades al lenguaje propio
- Crear el producto que pueda responder a esas necesidades
- Optimizar el producto tanto para las necesidades del cliente como las de la empresa.

#### Control de Calidad

- Probar que el proceso producirá el producto bajo condiciones normales
- Transferir el proceso a las operaciones.

#### Mejoramiento de la Calidad

- Desarrollar un proceso que sea capaz para producir el producto
- Optimizar el proceso

#### 9.2.3. Kaoru Ishikawa

La enorme influencia de Ishikawa en la calidad es a menudo poco destacada, simplemente porque sus contribuciones se han apropiado de forma tal que parecen parte natural de las cosas. Puso a los clientes dentro de la ecuación de calidad, re direccionando la atención hacia ellos en vez de hacia los métodos de producción. Enfatizaba la importancia de la capacitación y la educación como fundamento de la calidad. Creó círculos de calidad, sumándole importancia al papel del empleado en la solución de los problemas e identificando oportunidades para el mejoramiento. Llevando esto más allá, insistió en involucrar totalmente a los empleados en el mejoramiento de la calidad y acuñó la frase “control de calidad en la totalidad de la compañía”. A lo largo de su vida, proveyó un modelo de dedicación desinteresada a la calidad que inspiró a otros alrededor del mundo.

Bajo su liderazgo, la Asociación Japonesa de Científicos e Ingenieros adoptaron la capacitación como una misión primordial. Uno de los más grandes logros de Ishikawa fue la codificación de herramientas básicas de calidad que se

acoplan bien dentro de los marcos teóricos de la calidad presentados por Deming y Juran.

#### Control Total de la calidad

Ishikawa en su libro señala que el Control Total de la Calidad es una nueva filosofía de administración que se debe convertir en uno de los principales objetivos de la compañía, y para ellos se deben fijar metas a largo plazo y anteponer la calidad en todas las decisiones, empezando por el área de compras.

Menciona que la alta administración debe liberar los esfuerzos de mejora, y que estos deben ser complementados con el papel fundamental de las gerencias medias. Ya que el control total de la calidad es posible cuando la gerencia se compromete con el proceso y todo el personal se responsabiliza del autocontrol.

Control Total de la Calidad es de todas las personas y áreas de la empresa, es una labor en grupo, que debe orientar a eliminar las causas de la mala calidad, no los síntomas

Al tener éxito el Control Total de la Calidad<sup>19</sup>, aumentan las utilidades de la empresa, se mejoran las relaciones humanas y de trabajo y se logra una organización superior con una mejor posición competitiva en el mercado.

#### Calidad

En cualquier industria, controlar la calidad es hacer lo que se tiene que hacer. El control de calidad empieza y termina con la capacitación a todos los niveles. Siempre se deben tomar las acciones correctivas apropiadas. El control de calidad no acompañado de acción es simple diversión.

#### Principios básicos de la calidad

- ✓ La calidad empieza con la educación y termina con la educación.

---

<sup>19</sup> Ishikawa, Kaoru (1990). Introduction to Quality Control. J. H. Loftus (trans.). Tokyo: 3A Corporation



- ✓ Aquellos datos que no tengan información dispersa (variabilidad) son falsos.
- ✓ El primer paso hacia la calidad es conocer las necesidades de los clientes.
- ✓ El estado ideal del control de calidad ocurre cuando ya no es necesaria la inspección.
- ✓ Elimine la causa raíz y no los síntomas.
- ✓ El control de calidad es responsabilidad de todos los trabajadores en todas las divisiones.
- ✓ No confunda los medios con los objetivos.
- ✓ Ponga la calidad en primer término y dirija su vista hacia las utilidades a largo plazo.
- ✓ La mercadotecnia es la entrada y salida de la calidad.
- ✓ La gerencia superior no debe mostrar enfado cuando sus subordinados les presenten los hechos.
- ✓ 95% de los problemas de una empresa se pueden resolver con simples herramientas de análisis.

#### 9.2.3.1. Diagrama causa y efecto/espina de pescado

El diagrama de causa-efecto también llamado diagrama de Espina de Pescado es una forma de organizar y representar las diferentes causas de un problema. Este diagrama ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analizarlas. Es llamado “Espina de Pescado” por la forma en que se van colocando cada una de las causas o razones que originan un problema. En algunas oportunidades son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena.

Pasos para construir el diagrama

- ✓ Definir y delimitar claramente el problema o tema a analizar.
- ✓ Decidir qué tipo de diagrama de Ishikawa se usará.

- ✓ Buscar todas las causas probables, lo más concretas posibles, con apoyo del diagrama elegido y por medio de una sesión de lluvia de ideas.
- ✓ Representar en el diagrama de Ishikawa las ideas obtenidas y analizar el diagrama
- ✓ Decidir cuáles son las causas más importantes mediante el diálogo.
- ✓ Decidir por qué causas actuar
- ✓ Preparar un plan de acción para cada una de las causas a investigarse o corregirse

#### Ventajas:

- ✓ Hacer un diagrama de Ishikawa es un aprendizaje en sí (se logra conocer más el proceso o la situación).
- ✓ Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- ✓ Muestra el nivel de conocimiento técnico que se ha logrado sobre el proceso.
- ✓ Sirve para señalar todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con lo cual la solución de un problema se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.

#### 9.2.3.2. Diagramas de Pareto

El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "Pocas Vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "Muchos Triviales" (los elementos poco importantes en ella).

### Características principales

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

Priorización: Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.

Unificación de Criterios: Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

Carácter objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Las Tablas y Diagramas de Pareto son herramientas de representación utilizadas para visualizar el Análisis de Pareto.

El Diagrama de Pareto es la representación gráfica de la Tabla de Pareto correspondiente.

El objetivo de elaborar los diagramas de Pareto es utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio (Magnitud del problema, costes, tiempo, entre otros) en el número mínimo de elementos que a él contribuyen<sup>20</sup>.

### 9.3. CÍRCULOS DE CALIDAD

La naturaleza de estos círculos de calidad, varía junto con sus objetivos según la empresa de que se trate.

Las metas de los círculos de calidad son:

- ✓ Que la empresa se desarrolle y mejore.
- ✓ Contribuir a que los trabajadores se sientan satisfechos mediante talleres, y respetar las relaciones humanas.
- ✓ Descubrir en cada empleado sus capacidades para mejorar su potencial.

---

<sup>20</sup> Fundibeq. [www.fundibeq.org](http://www.fundibeq.org).2009.

En los círculos de calidad se aplican las siete herramientas de Ishikawa:

- Los diagramas de Pareto: Su objetivo es mostrar los factores más significativos del proceso bajo estudio:
- Los diagramas de causa-efecto (diagramas “espinas de pescado” o Ishikawa): Este diagrama identifica las causas de un efecto o problema y las ordena por categorías, visto anteriormente.
- Los histogramas: Gráficos que muestran la distribución de frecuencia de una variable, y los valores que difieren:
- Las hojas de control: Es una herramienta de recolección de datos.
- Los diagramas de dispersión: Búsqueda de relaciones entre las variables que están afectando al proceso.
- Los flujogramas: Técnica utilizada para separar datos de diferentes fuentes e identificar patrones.
- Las gráficas de control: Permite estudiar la evolución del desempeño de un proceso a lo largo del tiempo.

#### 9.4. REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

##### 9.4.1. Repetibilidad (de un instrumento de medición)

Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones variables de medición. Aptitud de un instrumento de medición para proporcionar indicaciones próximas entre sí para aplicaciones repetidas del mismo mensurando bajo las mismas condiciones de medición.

1. Estas condiciones incluyen:

- a) Reducción a un mínimo de las variaciones debidas al observador

- b) El mismo procedimiento de medición
- c) El mismo observador
- d) El mismo equipo de medición, utilizado bajo las mismas condiciones
- e) El mismo lugar
- f) Repetición en plazo corto de tiempo

La repetibilidad puede expresarse cuantitativamente en términos de las características de dispersión de los resultados.

#### 9.4.2. Reproducibilidad (de resultados de mediciones)

Proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones del mismo mensurando realizadas bajo condiciones variables de medición

1. Una expresión válida de reproducibilidad requiere que se especifiquen las condiciones que variaron.
2. Las condiciones que variaron pueden incluir:
  - a) Principio de medición
  - b) Método de medición
  - c) Observador
  - d) Instrumento de medición
  - e) Patrón de referencia
  - f) Condiciones de uso
  - g) Tiempo
3. La repetibilidad puede ser expresada cuantitativamente en términos de las características de dispersión de los resultados.

4. Los resultados aquí considerados son habitualmente los resultados corregidos.<sup>21</sup>

## 9.5. DESARROLLO DE LAS COMPETENCIAS

El concepto de “Competencia” fue planteado inicialmente por David McClelland en 1973, como una reacción ante la insatisfacción con las medidas tradicionales utilizadas para predecir el rendimiento en el trabajo:

Además, el concepto de Competencia y su estrecha relación con el trabajo, responde muy bien a la situación actual del mundo laboral, caracterizado por un alto nivel de fluidez y cambio, con exigencias cada vez mayores a las habilidades individuales; tendencia esta, que se incrementará a futuro. Y, en el marco específico de la psicología, el concepto responde a la concepción de la psicología cognoscitiva y del constructivismo, que concibe una mayor fluidez en la estructura del intelecto, en el procesamiento de la información y en la adaptabilidad del ser humano, que lo que se concebía en el pasado.<sup>22</sup>

Las definiciones de Competencia constituyen una verdadera legión. A continuación se citan algunas de ellas:

<sup>23</sup>Spencer y Spencer consideran que es: “una característica subyacente de un individuo, que está causalmente relacionada con un rendimiento efectivo o superior en una situación o trabajo, definido en términos de un criterio”.

Del análisis de estas definiciones puede concluirse que las Competencias:

---

<sup>21</sup> Introducción a la Historia de la Metrología, Carlos Granados, Apuntes Cursos de Doctorado, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid.

<sup>22</sup> David C. McClelland. (1999). Estudio de la motivación humana. Madrid: Traducción y publicación Narcea Ediciones.

<sup>23</sup> Lyle M. Spencer, Jr, Signe M. Spencer. (1991). Evaluación de competencia en el trabajo. Boston: McBer and Company.

1. Son características permanentes de la persona.
2. Se ponen de manifiesto cuando se ejecuta una tarea o se realiza un trabajo.
3. Están relacionadas con la ejecución exitosa en una actividad, sea laboral o de otra índole.
4. Tienen una relación causal con el rendimiento laboral, es decir, no están solamente asociadas con el éxito, sino que se asume que realmente lo causan.
5. Pueden ser generalizables a más de una actividad.

Una Competencia es lo que hace que la persona sea, valga la redundancia, “competente” para realizar un trabajo o una actividad y exitoso en la misma, lo que puede significar la conjunción de conocimientos, habilidades, disposiciones y conductas específicas. Si falla alguno de esos aspectos, y el mismo se requiere para lograr algo, ya no se es “competente”.

La misma concepción de las Competencias, con su carácter multidimensional, hace que sean complejas, por lo que se requiere analizar cómo están conformadas. Spencer y Spencer consideran, que las Competencias están compuestas de características que incluyen: motivaciones, rasgos psicofísicos (agudeza visual y tiempo de reacción, por ejemplo) y formas de comportamiento, auto concepto, conocimientos, destrezas manuales (skills) y destrezas mentales o cognitivas.

## 9.6. NORMATIVIDAD

### ISO 9000

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es un organismo internacional con sede en Ginebra, Suiza, que desarrolla estándares consensuados de uso mundial. El nombre corto ISO no es un acrónimo abreviado sino una adaptación de la palabra griega isos, la cual significa “igual”

El instituto Americano de Estándares (ANSI) es el miembro norteamericano de la ISO. La Sociedad Americana de la Calidad (ASQ) es un miembro de ANSI y es responsable de los estándares de manejo de calidad. Publica estándares en la serie ANSI/ISO/ASQ-Q9000, la cual es el equivalente norteamericano de los estándares publicados por la ISO.

La serie de estándares ISO 9000 se refiere a los sistemas de gestión de calidad. La serie incluye tres estándares:

1. La Norma ISO 9000 describe los fundamentos de los sistemas de gestión de la calidad y especifica la terminología de los sistemas de gestión de la calidad.
2. La Norma ISO 9001 especifica los requisitos para los sistemas de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación y su objetivo es aumentar la satisfacción del cliente.
3. La Norma ISO 9004 proporciona directrices que consideran tanto la eficacia como la eficiencia del sistema de gestión de la calidad. El objetivo de esta norma es la mejora del desempeño de la organización y la satisfacción de los clientes y de las partes interesadas.

#### NTC-ISO/IEC 17025:2005

La norma ISO/IEC 17025 surgió como una guía genérica de referencia para aquellos laboratorios que realizan actividades de ensayo o calibración y que pretenden demostrar:

- Que operan un sistema de gestión de la calidad eficaz y en mejora continua. Laboratorio implementa un sistema de gestión de la calidad que le permite administrar y utilizar la documentación del laboratorio, tanto de gestión como técnica



- Que son técnicamente competentes demuestra competencia técnica del personal, instalaciones y condiciones ambientales adecuadas, métodos validados, equipo y patrones confiables con trazabilidad a las unidades del Internacional de Unidades
- Que son capaces de producir resultados de ensayo o calibración confiables, implementan programas de aseguramiento de la calidad de sus resultados generar resultados técnicamente válidos

La norma ISO/IEC 17025 aplica cualquier tipo de laboratorio de calibración o ensayos (pruebas), independiente de su tamaño o actividad; y se integra por una serie de requisitos agrupados en 25 secciones. Las primeras 15 secciones corresponden a los requisitos relativos a la gestión (administrativos) y se caracterizan por su gran similitud con normas de la serie ISO 9000. El resto de las secciones un enfoque meramente contienen los requisitos que el laboratorio debe cumplir para demostrar su competencia técnica y asegurar la validez de sus resultados.

La norma ISO/IEC 17025 se ha adoptado como guía de referencia de las Entidades Acreditadoras para ejecutar los procesos de evaluación de la conformidad de laboratorios de ensayo y calibración, por lo que es utilizada a nivel mundial para propósitos de Acreditación.

La Entidad Acreditadora es la encargada de evaluar la conformidad de cumplimiento de los requisitos de la norma ISO/IEC 17025 y atestiguar la competencia del laboratorio para realizar tareas específicas de ensayo (pruebas) o calibración; para en su momento declarar la acreditación.

Un laboratorio de ensayo o calibración que desea acreditarse bajo la norma internacional ISO/IEC 17025, o su equivalente nacional o regional, debe cumplir y mostrar evidencia del cumplimiento de los requisitos.

Estos requisitos contemplan la elaboración e implantación de:

1. Un Manual de Calidad.
2. Políticas de gestión y técnicas, incluidas una política de calidad.
3. Procedimientos de gestión y técnicos.

Así como la generación de evidencia objetiva de su implantación:

- Registros de gestión y técnicos.<sup>24</sup>

#### ANSI (American National Standards Institute)

El Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: American National Standards Institute) es una organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos. ANSI es miembro de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) y de la Comisión Electrotécnica Internacional (International Electrotechnical Commission, IEC). La organización también coordina estándares del país estadounidense con estándares internacionales, de tal modo que los productos de dicho país puedan usarse en todo el mundo. Por ejemplo, los estándares aseguran que la fabricación de objetos cotidianos, se realice de tal forma que dichos objetos puedan usar complementos fabricados en cualquier parte del mundo por empresas ajenas al fabricante original.

Esta organización aprueba estándares que se obtienen como fruto del desarrollo de tentativas de estándares por parte de otras organizaciones, agencias gubernamentales, compañías y otras entidades. Estos estándares aseguran que las características y las prestaciones de los productos son

---

<sup>24</sup> [http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso\\_9000.htm](http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm)

consistentes, es decir, que la gente use dichos productos en los mismos términos y que esta categoría de productos se vea afectada por las mismas pruebas de validez y calidad.

ANSI acredita a organizaciones que realizan certificaciones de productos o de personal de acuerdo con los requisitos definidos en los estándares internacionales. Los programas de acreditación ANSI se rigen de acuerdo a directrices internacionales en cuanto a la verificación gubernamental y a la revisión de las validaciones.

## VIM

Vocabulario internacional de metrología: conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM). 1er edición en español, 2008.

Calibración (VIM3ed 2.39) Establece, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas, para establecer una relación que permita obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

Incertidumbre de medida VIM 3ed 2.26 Parámetro no negativo, que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información utilizada.

Verificación (VIM 3ed 2.44) Aportación de evidencia objetiva de que un elemento satisface los requisitos especificados. “Cumple o no cumple”

Verificación de un instrumento de medición 2.13) Procedimiento (diferente a la aprobación de modelo) que incluye el examen y marcado y/o emisión de un certificado de verificación, que constata y confirma que el instrumento de medición cumple con los requisitos reglamentarios.

Trazabilidad metrológica (3ed VIM 2.41) Propiedad de un resultado de una medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante

una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.<sup>25</sup>

### 9.7. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Es una técnica que persigue los problemas que puedan surgir en un producto o proceso de producción, antes incluso que éstos lleguen a aparecer.

En esencia consiste en enumerar cada uno de los fallos que se puedan producir y, a través de la valoración de la gravedad de los efectos producidos y la frecuencia de aparición de las causas que lo producen, estableciendo un ranking de acciones a desarrollar para la mejora del diseño.

#### Componentes del AMFE

##### Análisis:

- ✓ Tipo de fallo potencial: Se relacionan cada uno de los posibles fallos que pudieran ocurrir para el componente y en la función definida.
- ✓ Efecto del fallo: Se describen los efectos que se pondrían de manifiesto en el caso de sí ocurrir el fallo, en términos de consecuencias del proceso.
- ✓ Características críticas: Las características críticas se deben identificar en el caso de presentar mayor grado de gravedad, un grado de gravedad medio o un menor grado de gravedad.
- ✓ Causa(s) potencial(es) del fallo: Se relacionan todas las posibles causas atribuibles a cada tipo de fallo. La definición de las causas debe ser lo

---

<sup>25</sup> Centro Español de Metrología . (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. Madrid: JCGM.

más concisa y completa posible de forma que aporten la necesaria información para determinar las acciones correctivas pertinentes.

Evaluación:

- ✓ Gravedad: Es una valoración de la importancia del efecto asociado al tipo de fallo potencial, se puede determinar algún criterio de evaluación.
- ✓ Frecuencia: Es una medida de la probabilidad de que ocurra cada una de las causas asignadas.
- ✓ Detección: Es una evaluación de la probabilidad que el proceso detecte el modo de fallo antes de que la pieza salga del lugar de fabricación, tratamiento o montaje.

Número de prioridad de riesgo (NPR):

Es el producto de la valoración de la frecuencia, gravedad y detección. Este es el valor que se utiliza para organizar los fallos por orden de importancia.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Pedro Grima Cintas, Javier Tort-Martorell Labres. (2005). Técnicas para la gestión de la calidad. Madrid: Díaz de Santos.

## 10. MARCO CONCEPTUAL

ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
MODELO PHVA - Deming	William Edwards Deming	Planificación estratégica de los procesos del laboratorio	Implementar en los procesos el ciclo PHVA como herramienta para ser más competitivos en el mercado, obteniendo nuevos clientes, ser eficaces y eficientes en los servicios prestados.	Establecer los procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del laboratorio	Determinar las causas por las cuales no se entrega el servicio a tiempo, evaluando los procesos y sus posibles causas de insatisfacción del cliente.	Nivel de desempeño del proceso de calibración en cuanto a nuevos tiempos de entrega y calidad del servicio
		Énfasis en las ganancias a corto plazo y los dividendos inmediatos		Analizar las causas de trabajos potencialmente no conformes		
		Gerencia de la compañía basándose análisis de costos		Devoluciones de parte de inspección		
		Movilidad de los ejecutivos		Hacer los seguimientos y medir los procesos versus las políticas y los requisitos del producto evaluando la efectividad		
		Análisis estratégico de los resultados de la compañía en un periodo de tiempo		Resultados de desempeño general Quejas y observaciones del cliente		
		Costo excesivo de garantías				

ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
TEORIA DE LA GESTIÓN A LA CALIDAD	Joseph Juran	Definición de Calidad	Determinar la adecuación del servicio a solicitud y necesidad del usuario / cliente	Hacer los seguimientos y medir los procesos contra las políticas y los requisitos del producto evaluando la efectividad	Determinar los procesos involucrados en el sistema de gestión de calidad en el laboratorio de calibración con el propósito de detectar las causas de los reprocesos que generan las entregas tardías.	Comunicación entre cliente interno y cliente externo  Existencia y causas de las inconformidades  Capacitación del personal
		Planeación de la calidad	Determinar las necesidades de los clientes y desarrollar los procesos necesarios para la mejora del servicio,	Establecer puntos de control claves en el durante el proceso.		
		Trilogía de la calidad	Vigilar que los procesos operen con efectividad y eficacia óptima para evitar reprocesos en la ejecución			
		Control de la calidad	Proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos diagnostiquen las causas, fomenten el establecimiento de una solución y establezcan los controles para mantener los beneficios.	Socialización e implementación de las mejoras propuestas		

ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
CONTROL CALIDAD ISHIKAWA	Kaoru Ishikawa	Principio de Pareto	Determinar el 20 % de las causas resuelven el 80% del problema	Elaboración de las tablas y gráficas de Pareto para determinar causas e impacto Evaluar estadísticamente para determinar posibles mejoras	Determinar los procesos involucrados en el sistema de gestión de la calidad en el laboratorio de calibración con el propósito de detectar las causas de los reprocesos que generan las entregas tardías.	Capacidad de los equipos durante la calibración.  Existencia y causas de las inconformidades.  Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración.
			Analizar Pareto (clasificación de problemas, identificación y resolución).			
			Análisis de causa y efecto o Diagrama de Ishikawa (busca el factor principal de los problemas a analizar).	Evaluación de las causas, sus posibles correcciones y sus posibles acciones correctivas y preventivas.		
		Las 7 herramientas básicas para la administración de la calidad.	Gráficas de control (medición y control de la variación).	Determinar las causas por las cuales no se entrega el servicio a tiempo y de mala calidad en el servicio, evaluando los procesos y sus posibles causas a la insatisfacción del cliente.		
			Realizar un plan de capacitación debido a que la calidad empieza con la educación y termina con la educación			
			Determinar mecanismos de control para mantener los mejoramientos propuestos, con ello asegurar los tiempos de entrega y la calidad del servicio.			



ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
NORMALIZACIÓN GESTION DE LA CALIDAD	Sistema de gestión basada en procesos de acuerdo al International Organization for Standard (ISO)	NTC-ISO/IEC 9001:2008	Enfocar las actividades de la Empresa para obtener y mantener el nivel de calidad del servicio, de acuerdo con las necesidades del cliente. Establecer los lineamientos del sistema de gestión de calidad.	Establecer las bases de la propuesta de mejora del sistema de gestión actual.	Determinar los procesos involucrados en el sistema de gestión de la calidad en el laboratorio de calibración con el propósito de detectar la causa de los reprocesos que generan las entregas tardías.	Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración.  Estado de llegada de los equipos al laboratorio de calibración.
		NTC-ISO/IEC 17025:2005	Proporcionar los requisitos necesarios que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración, facilitando la armonización de criterios de calidad.	Analizar procesos metrológicos dando cumplimiento con eficiencia a la norma la cual se encuentra acreditada el laboratorio.		
			El objetivo principal de ésta es garantizar la competencia técnica y la fiabilidad de los resultados analíticos.			

ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
CONCEPTOS TECNICOS EN METROLOGÍA	ANSI (American National Standards Institute)	ANSI/NCSL Z540-1-1994	Obtener las bases técnicas y los criterios de acuerdo la norma bajo los cuales está acreditado el laboratorio	Añadir al sistema de gestión, procesos predictivos gestionando la mejora continua	Determinar los procesos involucrados en el sistema de gestión de la calidad en el laboratorio de calibración con el propósito de detectar la causa de los reprocesos que generan las entregas tardías.	Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración.  Estado de llegada de los equipos al laboratorio de calibración.
				Criterio de aceptación		
				Identificación de términos técnicos		
		Vocabulario Internacional de Metrología y Conceptos	Unificar conceptos metroológicos usados en el proceso.	Identificación de productos no conformes		
		Fundamentos y Generalidades				
		Términos asociados (VIM)				

ENFOQUE	AUTOR(ES)	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
GESTIÓN POR COMPETENCIAS	McClellan, Spencer & Spencer	“ Competencia es una característica subyacente de un individuo que está causalmente relacionada con un estándar de efectividad y/o performance superior en un trabajo o situación”	Alinear la gestión de los recursos humanos con las estrategias del negocio.	Identificación de problemas y necesidades.	Determinar los mecanismos de control para mantener los mejoramientos propuestos, con ello asegurar los tiempos de entrega y la calidad del servicio.	Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración.  Estado de llegada de los equipos al laboratorio de calibración.  Capacitación del personal.
			Vincular a la Alta Dirección.	Análisis de tareas		
			Contribuir al desarrollo profesional de las personas.	Definición de competencias y perfiles profesionales los cargos de la empresa.	Mejorar la herramienta de evaluación y satisfacción al cliente determinando si la información es eficaz y útil para el diseño de una opción de mejora del servicio.	
				Diseño de programas de estudio para los cargos y nuevas competencias.		
			Desarrollar la toma de decisiones de forma objetiva.	Aplicación de los nuevos programas de capacitación e implementación de los nuevos perfiles en todas las áreas.		
			Aumentar capacidad de respuesta ante nuevas exigencias del mercado	Seguimiento y mejoramiento continuo.		

ENFOQUE	FUNDAMENTOS	ACCIÓN A REALIZAR	FASES	OBJETIVO QUE APUNTA	VARIABLES
ANÁLISIS DE MODO FALLA Y EFECTO	Otorgarle un grado de gravedad a las principales causas del problema.	Indicar cada grado de gravedad en las fallas del diagrama de flujo actual del laboratorio	Determinar los tipos de fallo potencial, causas potenciales de fallo	Determinar los mecanismos de control para mantener los mejoramientos propuestos, con ello asegurar los tiempos de entrega y la calidad del servicio.	Normalización de los procedimientos inmersos en el proceso de calibración.  Estado de llegada de los equipos al laboratorio de calibración.
	Establecer la frecuencia de aparición de las causas que producen los problemas y alteran los resultados del laboratorio.	Evaluar los puntos de control que permitan establecer mejoras	Detección de los fallos y su gravedad		



5. Al ser asignado el instrumento al laboratorio adecuado el coordinador operativo asigna el instrumento según su capacidad,

11. El instrumento e informe se dirigen a la unidad de negocios donde el almacenista del área entrega y recibe la consignación del cliente dado por pago el servicio entregando el instrumento y su informe de calibración.

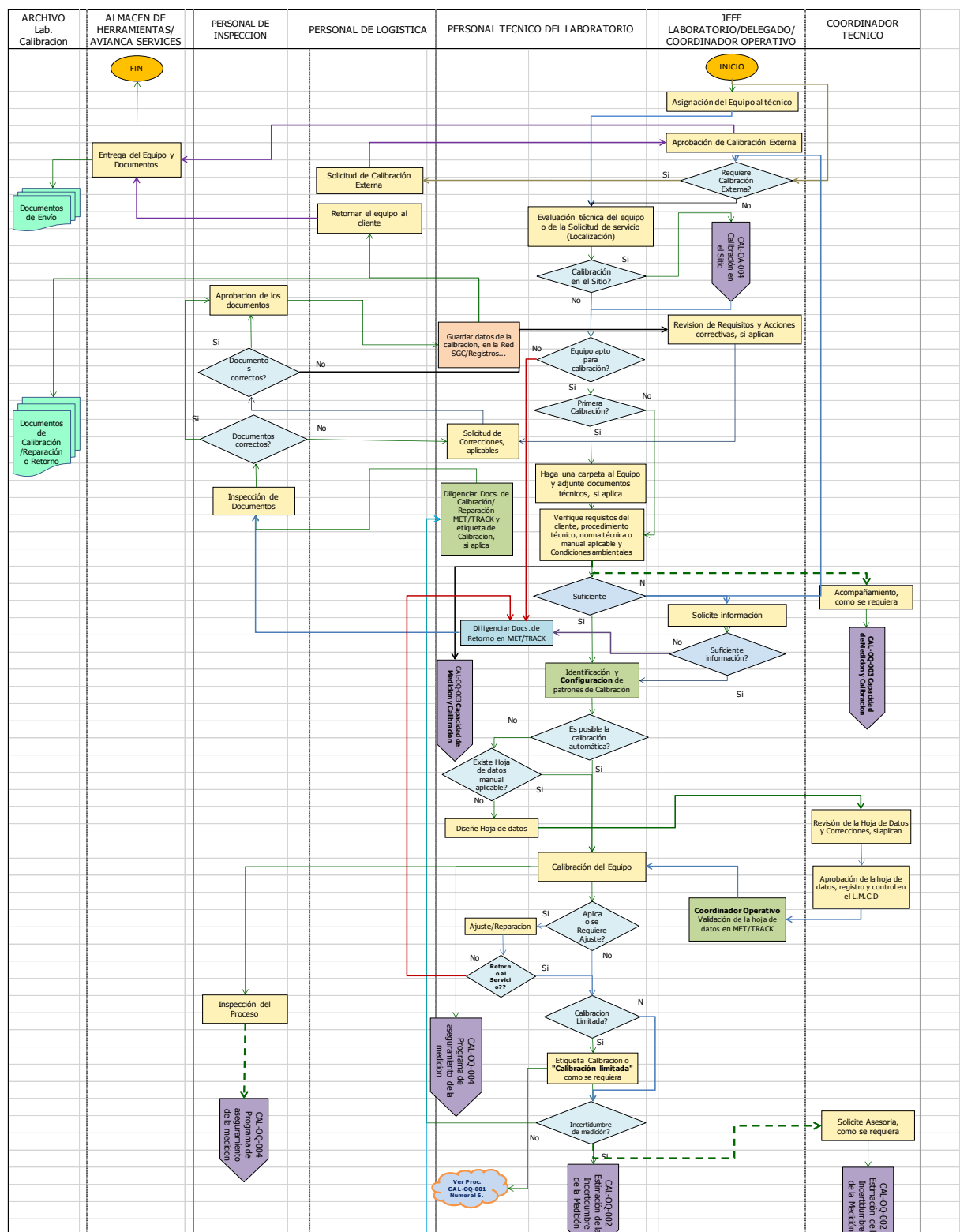
12. El almacenista al momento de la entrega del equipo calibrado con su respectivo certificado, solicita al cliente diligenciar una encuesta de satisfacción en la cual describa su opinión en cuanto a la calidad del servicio y si realmente fueron cumplidas sus expectativas, con el fin de obtener una retroalimentación sobre la efectividad del proceso.

13. Fin del proceso.

Dentro del proceso de calibración y en cada una de sus etapas se presentan diferentes novedades, y son las reportadas como causas de los principales problemas que afectan la calidad del servicio en el aspecto interno de generar reproceso que concluye con la entrega tardía del equipo calibrado; y en el aspecto externo relacionado con las características adecuadas solicitadas por el cliente y que afecta directamente la satisfacción del mismo.

A continuación, podemos observar detalladamente las etapas y actividades que se realizan dentro del proceso de calibración, mediante el siguiente diagrama de flujo:

Gráfica N° 3 Diagrama de flujo del actual sistema de gestión de calidad del laboratorio de calibración.



Fuente: Autoría equipo de investigación del proyecto



## 12.CAUSAS DE FALLAS EN ENTREGA Y CALIDAD DE EQUIPOS CALIBRADOS

Definidos los parámetros a medir realizamos las siguientes mediciones en los años 2011, 2012, 2013.

En el laboratorio de metrología se realizan diferentes tipos de acciones las cuales llevan un registro en la base de datos del software metrológico en donde el técnico en metrología reporta el tiempo de las calibraciones y de los mantenimientos que realiza entorno al instrumento de medición.

Definidos los problemas, se asigna un valor de gravedad al número del problema, debido a que es claro que cada problema tiene un grado de importancia y un impacto correspondiente al sistema de gestión. Debido a lo anterior se crea una escala donde muestre su grado de gravedad la cual se encuentra expresado en unidades dentro de un rango de 1 a 10, siendo 1 el de menor grado de importancia y 10 el grado de gravedad máxima. El grado de gravedad se determina de acuerdo a las normas en las cuales este acreditado el laboratorio. El grado 10 será un problema el cual es una no conformidad mayor posible de investigación y sanciones, el grado 5 es un grado intermedio que genere un llamado de atención verbal y un grado 1 es aquel grado de gravedad donde no existe problema alguno según el área de calidad e inspección.

Tabla N° 1 Problema y su grado de gravedad

Problema	(°) de gravedad
1	3
2	9
3	6
4	7
5	5
6	4
7	2
8	8

Fuente: Informes de Inspección. Tabulación

## 12.1. Análisis correspondiente al año 2011

Según el informe adquirido del software metrológico se obtiene en el año 2011 se realizaron 2521 calibraciones y 690 mantenimientos dando un total de 3211 servicios metrológicos.

Obtuvieron los siguientes datos:

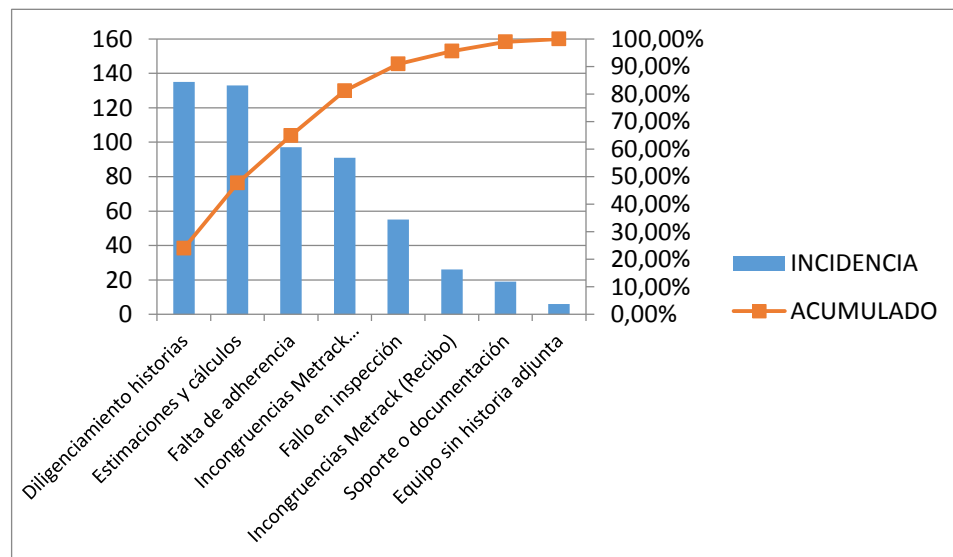
Tabla N° 2. Problema y su grado de incidencia. Año 2011

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL
Diligenciamiento historias	135	24,02%	24,02%
Estimaciones y cálculos	133	47,69%	23,67%
Falta de adherencia	97	64,95%	17,26%
Incongruencias Metrack (Metrólogos)	91	81,14%	16,19%
Fallo en inspección	55	90,93%	9,79%
Incongruencias Metrack (Recibo)	26	95,55%	4,63%
Soporte o documentación	19	98,93%	3,38%
Equipo sin historia adjunta	6	100,00%	1,07%
TOTAL	562		100,00%

Fuente: Informes de Inspección Año 2011

De acuerdo a lo anterior graficamos lo siguiente:

Gráfica N° 4. Problemas y su grado de incidencia. Año 2011



Fuente: Informes de Inspección. Año 2011

Añadiendo el grado de gravedad de los errores se determina el impacto de cada una de las causas de los problemas y lo que se debe mejorar para evitar el reproceso, por lo cual se obtiene lo siguiente:

Tabla N° 3. Grado de impacto de cada problema. Año 2011

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL	GRADO DE GRAVEDAD	Repetitividad + impacto
Diligenciamiento historias	135	24,02%	24,02%	3	405
Estimaciones y cálculos	133	47,69%	23,67%	9	1197
Falta de adherencia	97	64,95%	17,26%	8	776
Incongruencias Metrack (Metrólogos)	91	81,14%	16,19%	7	637
Fallo en inspección	55	90,93%	9,79%	6	330
Incongruencias Metrack (Recibo)	26	95,55%	4,63%	5	130
Soporte o documentación	19	98,93%	3,38%	4	76
Equipo sin historia adjunta	6	100,00%	1,07%	2	12
TOTAL	562		100,00%	Total	3563

Fuente: Informes de Inspección. Año 2011

Ordenando los nuevos datos se obtienen los siguientes datos:

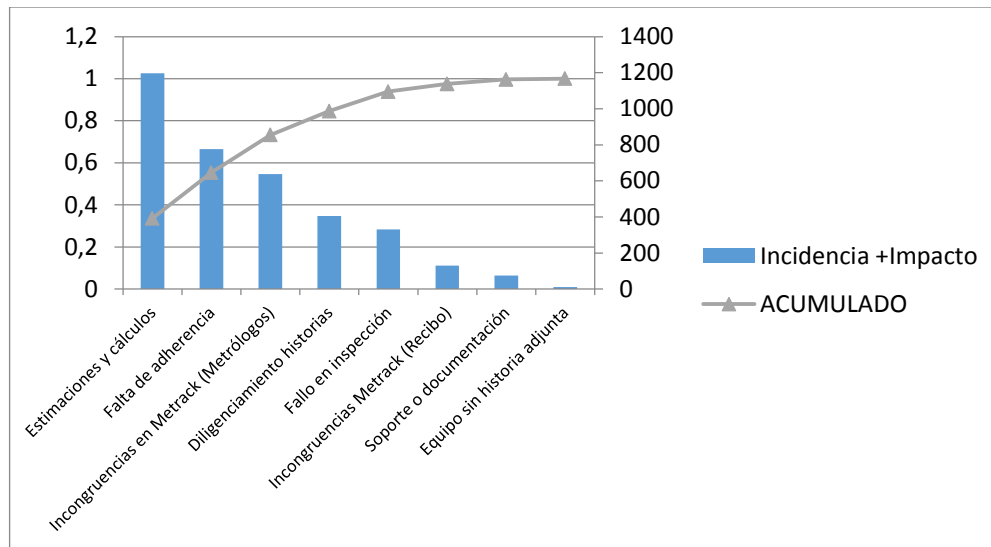
Tabla N° 4. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2011

PROBLEMA	Incidencia +Impacto	ACUMULADO	INDIVIDUAL	
Estimaciones y cálculos	1197	33,60%	33,60%	73,25%
Falta de adherencia	776	55,37%	21,78%	
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	637	73,25%	17,88%	
Diligenciamiento historias	405	84,62%	11,37%	26,75%
Fallo en inspección	330	93,88%	9,26%	
Incongruencias Metrack (Recibo)	130	97,53%	3,65%	
Soporte o documentación	76	99,66%	2,13%	
Equipo sin historia adjunta	12	100,00%	0,34%	
TOTAL	3563		100,00%	

Fuente: Informes de Inspección. Año 2011

Obteniendo un nuevo diagrama de Pareto:

Gráfica N° 5. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2011



Fuente: Informes de Inspección. Año 2011

## 12.2. Análisis correspondiente al año 2012.

De acuerdo al informe adquirido del software metrológico se obtiene en el año 2012 se prestó el servicio de 2535 calibraciones y 868 mantenimientos dando un total de 3403 servicios metrológicos.

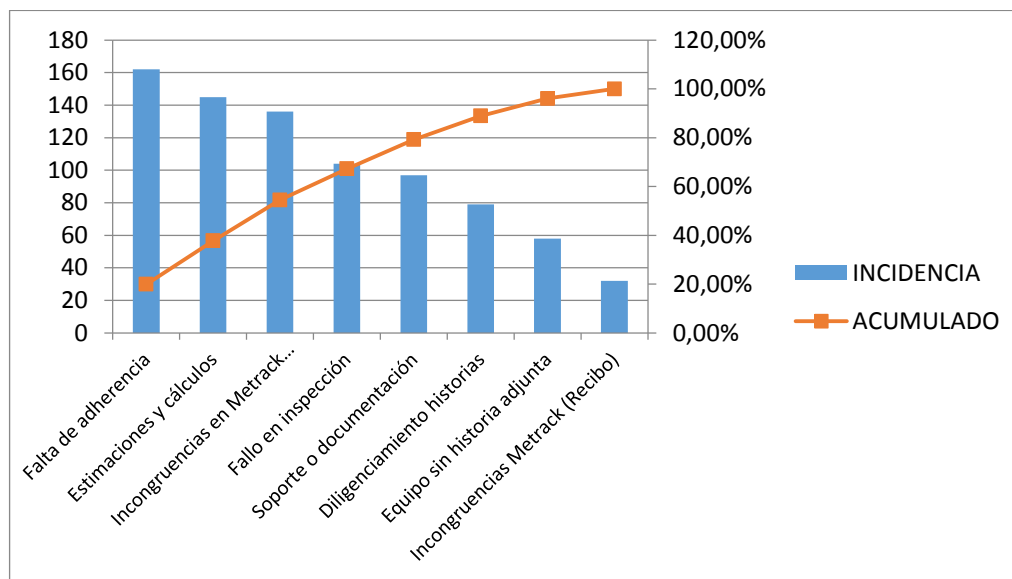
Tabla N° 5. Problema y su grado de incidencia. Año 2012

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL
Falta de adherencia	162	19,93%	19,93%
Estimaciones y cálculos	145	37,76%	17,84%
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	136	54,49%	16,73%
Fallo en inspección	104	67,28%	12,79%
Soporte o documentación	97	79,21%	11,93%
Diligenciamiento historias	79	88,93%	9,72%
Equipo sin historia adjunta	58	96,06%	7,13%
Incongruencias Metrack (Recibo)	32	100,00%	3,94%
TOTAL	813		100,00%

Fuente: Informes de Inspección. Año 2012

De acuerdo a lo anterior se obtiene la siguiente gráfica:

Gráfica N° 6. Problemas y su grado de incidencia. Año 2012



Fuente: Informes de Inspección. Año 2012

Añadiendo el grado de gravedad de los errores determinando la importancia por la cual es necesario evitar el reproceso se obtiene lo siguiente:

Tabla N° 6. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL	GRADO DE GRAVEDAD	Repetitividad + impacto
Falta de adherencia	162	19,93%	19,93%	8	1296
Estimaciones y cálculos	145	37,76%	17,84%	9	1305
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	136	54,49%	16,73%	7	952
Fallo en inspección	104	67,28%	12,79%	6	624
Soporte o documentación	97	79,21%	11,93%	4	388
Diligenciamiento historias	79	88,93%	9,72%	3	237
Equipo sin historia adjunta	58	96,06%	7,13%	2	116
Incongruencias Metrack (Recibo)	32	100,00%	3,94%	5	160
TOTAL	813		100,00%	Total	5078

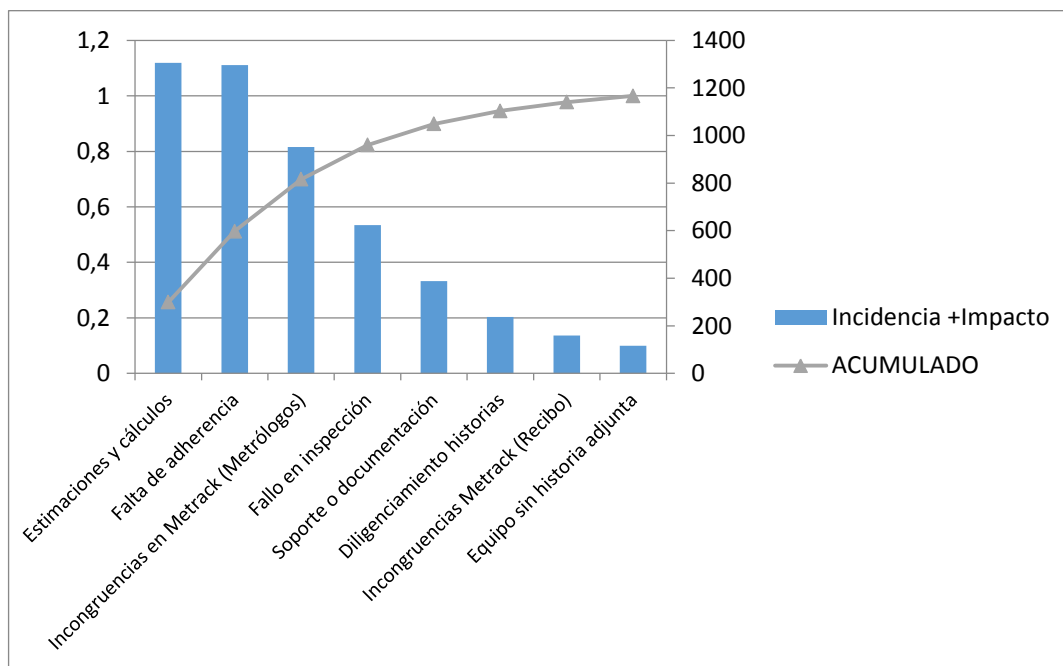
Ordenando los nuevos datos se obtienen los siguientes datos:

Tabla N° 7. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012

PROBLEMA	Incidencia +Impacto	ACUMULADO	INDIVIDUAL	%
Estimaciones y cálculos	1305	25,70%	25,70%	69,97%
Falta de adherencia	1296	51,22%	25,52%	
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	952	69,97%	18,75%	
Fallo en inspección	624	82,26%	12,29%	30,03%
Soporte o documentación	388	89,90%	7,64%	
Diligenciamiento historias	237	94,56%	4,67%	
Incongruencias Metrack (Recibo)	160	97,72%	3,15%	
Equipo sin historia adjunta	116	100,00%	2,28%	
TOTAL	5078		100,00%	

Fuente: Informes de Inspección. Año 2012

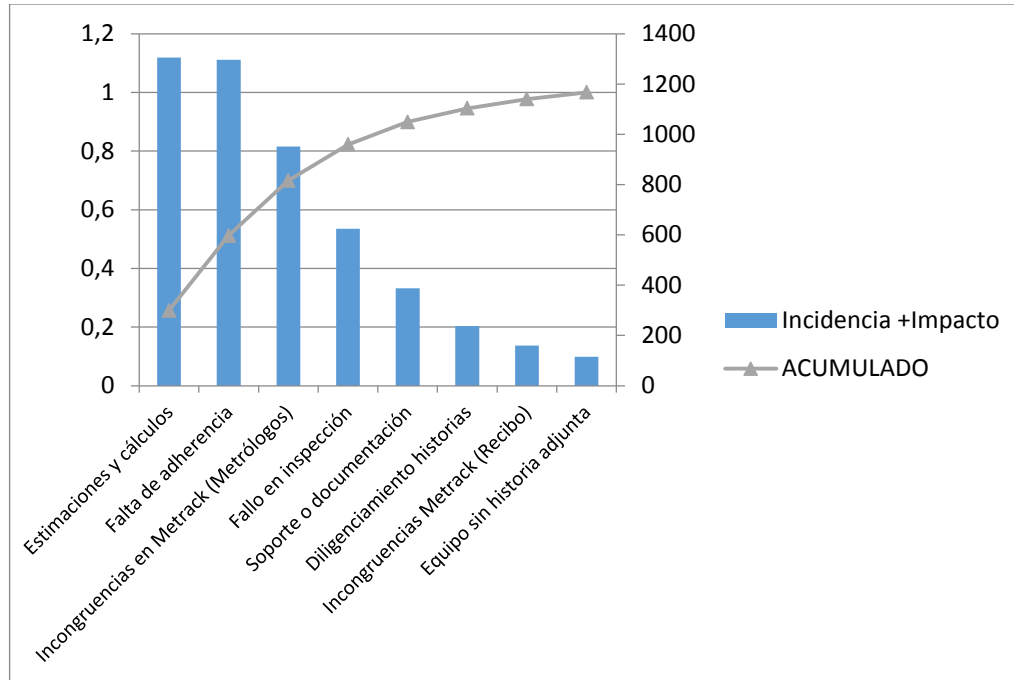
Gráfica N° 7. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012



Fuente: Informes de Inspección. Año 2012

Obteniendo un nuevo diagrama de Pareto:

Gráfica N° 8. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2012



Fuente: Informes de Inspección. Año 2012

### 12.3. Análisis correspondiente al año 2013

En el año 2013 se realizó un trabajo de 3046 calibraciones en conjunto de 684 mantenimientos dando un total de 3730 servicios metrológicos.

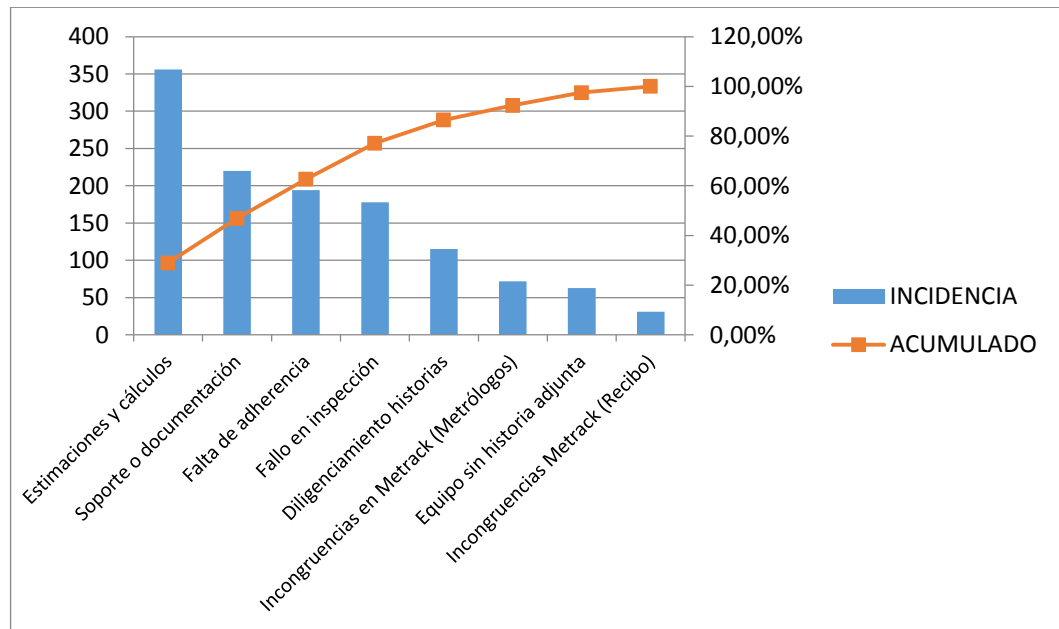
Tabla N° 8. Problema y su grado de incidencia. Año 2013

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL
Estimaciones y cálculos	356	28,97%	28,97%
Soporte o documentación	220	46,87%	17,90%
Falta de adherencia	194	62,65%	15,79%
Fallo en inspección	178	77,14%	14,48%
Diligenciamiento historias	115	86,49%	9,36%
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	72	92,35%	5,86%
Equipo sin historia adjunta	63	97,48%	5,13%
Incongruencias Metrack (Recibo)	31	100,00%	2,52%
TOTAL	1229		100,00%

Fuente: Informes de Inspección. Año 2013

De acuerdo a lo anterior se grafica de la siguiente manera:

Gráfica N° 9. Problemas y su grado de incidencia. Año 2013



Fuente: Informes de Inspección. Año 2013

Añadiendo el grado de gravedad de los errores determinando la importancia por la cual deberían evitar esos reproceso se deduce lo siguiente:

Tabla N° 9. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL	GRADO DE GRAVEDAD	Repetitividad + impacto
Estimaciones y cálculos	356	28,97%	28,97%	9	3204
Soporte o documentación	220	46,87%	17,90%	4	880
Falta de adherencia	194	62,65%	15,79%	8	1552
Fallo en inspección	178	77,14%	14,48%	6	1068
Diligenciamiento historias	115	86,49%	9,36%	3	345
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	72	92,35%	5,86%	7	504
Equipo sin historia adjunta	63	97,48%	5,13%	2	126
Incongruencias Metrack (Recibo)	31	100,00%	2,52%	5	155
<b>TOTAL</b>	<b>1229</b>		<b>100,00%</b>	<b>Total</b>	<b>7834</b>

Fuente: Informes de Inspección. Año 2013



Ordenando los nuevos datos se obtienen los siguientes datos:

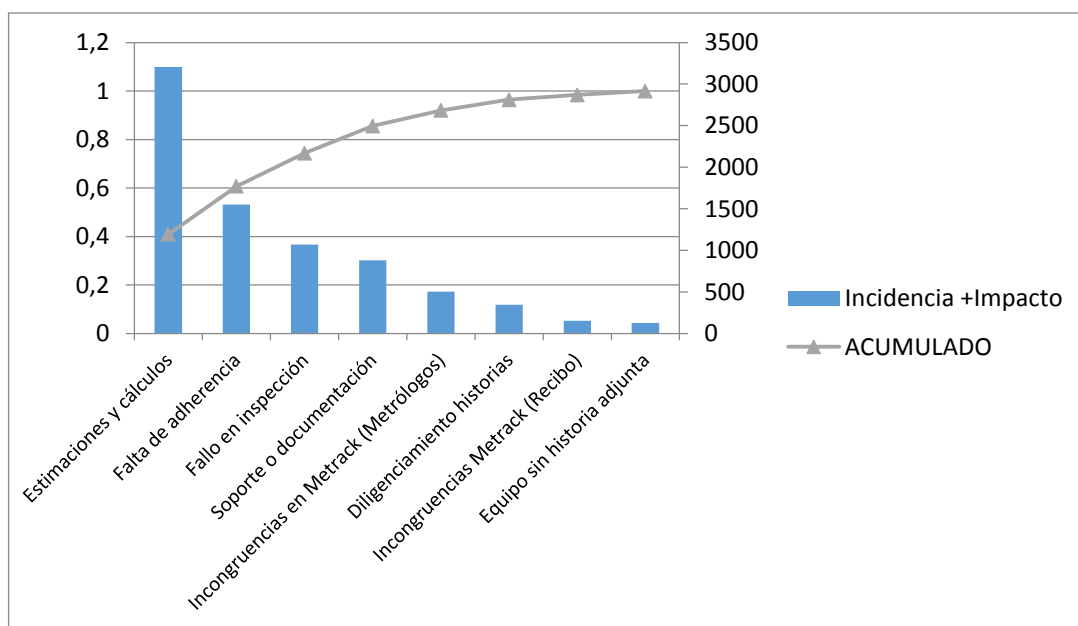
Tabla N° 10. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013

PROBLEMA	Incidencia +Impacto	ACUMULADO	INDIVIDUAL	
Estimaciones y cálculos	3204	40,90%	40,90%	74,34%
Falta de adherencia	1552	60,71%	19,81%	
Fallo en inspección	1068	74,34%	13,63%	
Soporte o documentación	880	85,58%	11,23%	25,66%
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	504	92,01%	6,43%	
Diligenciamiento historias	345	96,41%	4,40%	
Incongruencias Metrack (Recibo)	155	98,39%	1,98%	
Equipo sin historia adjunta	126	100,00%	1,61%	
TOTAL	7834		100,00%	

Fuente: Informes de Inspección. Año 2013

Obteniendo un nuevo diagrama de Pareto:

Gráfica N° 10. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2013



Fuente: Informes de Inspección. Año 2013

## 12. 4 Análisis correspondiente al año 2014

En el año 2014 se realizó un trabajo de 4104 calibraciones en conjunto de 811 mantenimientos dando un total de 4915 servicios metrológicos.

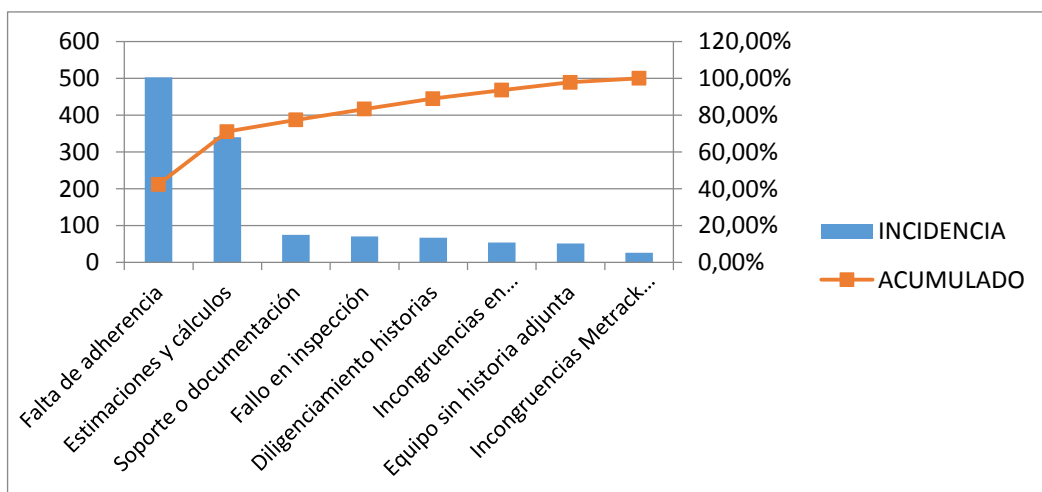
Tabla N° 11. Problema y su grado de incidencia. Año 2014

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL
Falta de adherencia	502	42,36%	42,36%
Estimaciones y cálculos	340	71,05%	28,69%
Soporte o documentación	75	77,38%	6,33%
Fallo en inspección	70	83,29%	5,91%
Diligenciamiento historias	67	88,95%	5,65%
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	54	93,50%	4,56%
Equipo sin historia adjunta	51	97,81%	4,30%
Incongruencias Metrack (Recibo)	26	100,00%	2,19%
TOTAL	1185		100,00%

Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

De acuerdo a lo anterior se obtiene la siguiente gráfica:

Gráfica N° 11. Problemas y su grado de incidencia. Año 2014



Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

Añadiendo el grado de gravedad de los errores determinando la importancia por la cual deberían evitar esos reproceso se deduce lo siguiente:

Tabla N° 12. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014

PROBLEMA	INCIDENCIA	ACUMULADO	INDIVIDUAL	GRADO DE GRAVEDAD	Repetitividad + impacto
Falta de adherencia	502	42,36%	42,36%	8	2720
Estimaciones y cálculos	340	71,05%	28,69%	9	4518
Soporte o documentación	75	77,38%	6,33%	4	300
Fallo en inspección	70	83,29%	5,91%	6	420
Diligenciamiento historias	67	88,95%	5,65%	3	201
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	54	93,50%	4,56%	7	378
Equipo sin historia adjunta	51	97,81%	4,30%	2	102
Incongruencias Metrack (Recibo)	26	100,00%	2,19%	5	130
TOTAL	1185		100,00%	Total	8769

Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

Ordenando los nuevos datos se obtienen los siguientes datos:

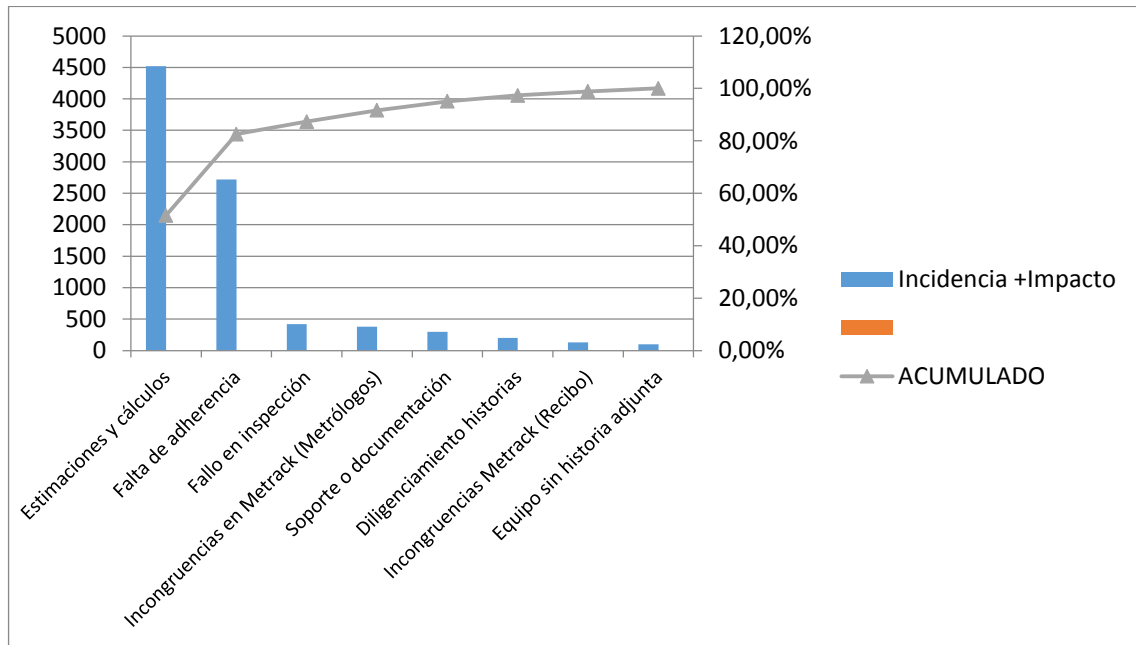
Tabla N° 13. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014

PROBLEMA	Incidencia +Impacto	ACUMULADO	INDIVIDUAL	%
Estimaciones y cálculos	4518	51,52%	51,52%	87,33%
Falta de adherencia	2720	82,54%	31,02%	
Fallo en inspección	420	87,33%	4,79%	
Incongruencias en Metrack (Metrólogos)	378	91,64%	4,31%	12,67%
Soporte o documentación	300	95,06%	3,42%	
Diligenciamiento historias	201	97,35%	2,29%	
Incongruencias Metrack (Recibo)	130	98,84%	1,48%	
Equipo sin historia adjunta	102	100,00%	1,16%	
TOTAL	8769			100,00%

Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

Obteniendo un nuevo diagrama de Pareto:

Gráfica N° 12. Grado de impacto acumulado de cada problema. Año 2014

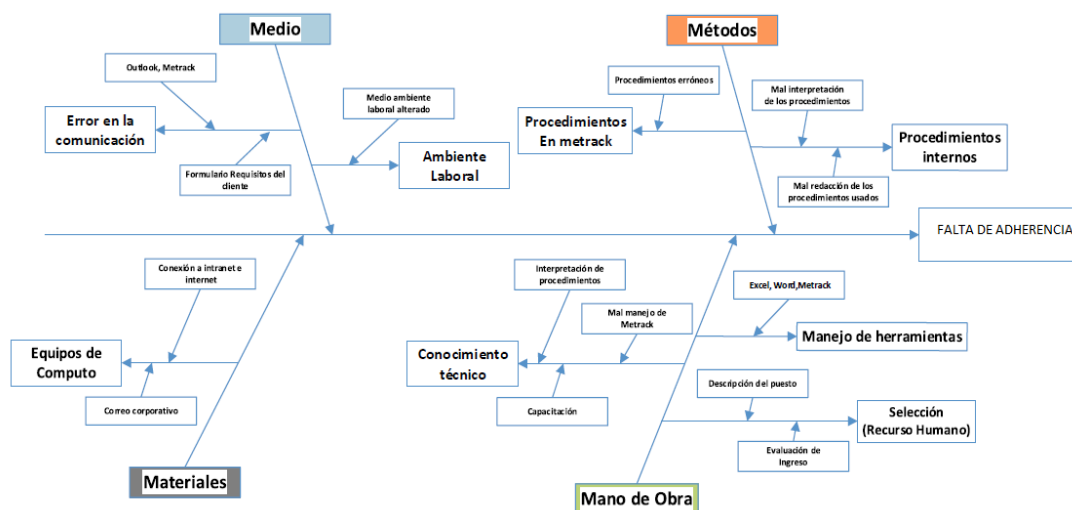


Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

De acuerdo a los anteriores gráficos y datos determinamos que el problema 2 - relacionado con las estimaciones y cálculos de la calibración- y el problema 8 - relacionado con la falta de adherencia a los procedimientos- son las principales causas por las cuales se presenta mayor cantidad de reproceso en el laboratorio de calibración. Dado a lo anterior, se dispone a realizar el análisis de las razones por las cuales dichos problemas son los más reiterativos y son las que incurren en mayor frecuencia e impacto. Para el análisis de las razones mencionadas implementaremos diagramas de causa – efecto (espina de pescado o diagrama de Ishikawa), con el propósito de determinar las propuestas de mejora del sistema que disminuyan las entregas tardías y mejoren la satisfacción del cliente.

### 13. HERRAMIENTA APLICADA PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUSAS INVOLUCRADAS EN EL PROCESO DE CALIBRACIÓN QUE GENERAN LAS ENTREGAS TARDÍAS

DIAGRAMA CAUSA-EFECTO PARA ANALIZAR LAS CAUSAS CON MAYOR INCIDENCIA EN EL PROBLEMA.



El Problema 8: Descrito como falta de adherencia al procedimiento, es decir a la incongruencia en los datos de requerimientos y calibración realizada, a errores cometidos por el personal técnico al momento de diligenciar la información sobre los estados de calibración del equipo en cada una de las etapas y en la herramienta de seguimiento, bien sea en el informe u hoja de ruta del equipo; o en el software de calibración Metrack. Lo anterior, permite la generación de dudas por parte de los demás técnicos que realizaran otro tipo de tratamiento al equipo y genera reportes inconsistentes al momento de la revisión del informe por parte del inspector.

## **Análisis problema 8**

### **Materiales:**

Equipos de cómputo: Los equipos de cómputo tienen lo necesario para su óptimo funcionamiento y el laboratorio cuenta con un grupo de ingenieros de sistemas para este tipo de soporte.

### **Medio:**

Ambiente Laboral: Este ítem no aplica para este tipo de problema contando con el profesionalismo y la ética del personal.

### **Error en la comunicación:**

- Outlook y/o Metrack: Probablemente exista un mal diligencia de los documentos de entrada del instrumento a calibrar.
- Formulario requisitos del cliente: Poco entendimiento y poco conocimiento diligenciando solicitud del servicio.

### **Métodos:**

Procedimientos de Metrack: fallas en los procedimientos automáticos. Esto se delimita debido a que, por procedimiento interno, los procedimientos automáticos deben ser probados varias veces junto a una validación manual previo a su uso al personal por coordinación técnica.

Procedimientos Internos: Estos procedimientos son validados previamente y se usan para realizar trabajos varios definidos en el manual de calidad.

### **Mano de Obra:**

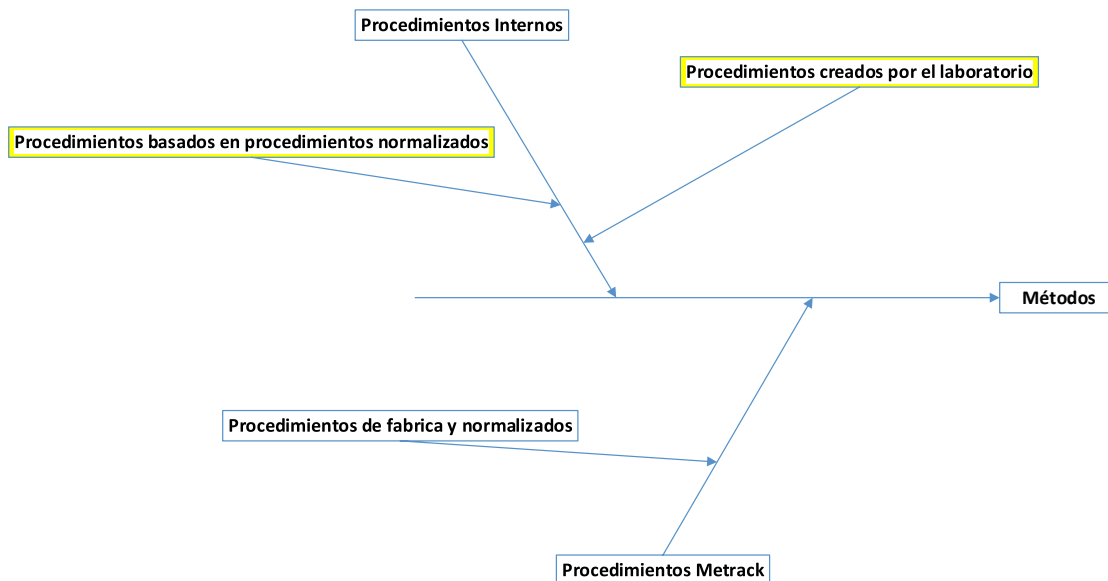
Conocimiento Técnico: El personal evidencia falencias en entender cómo diligenciar formatos acorde trabajo técnico realizado.

Manejo de herramientas: Poco conocimiento de las herramientas disponibles por el laboratorio al personal técnico.

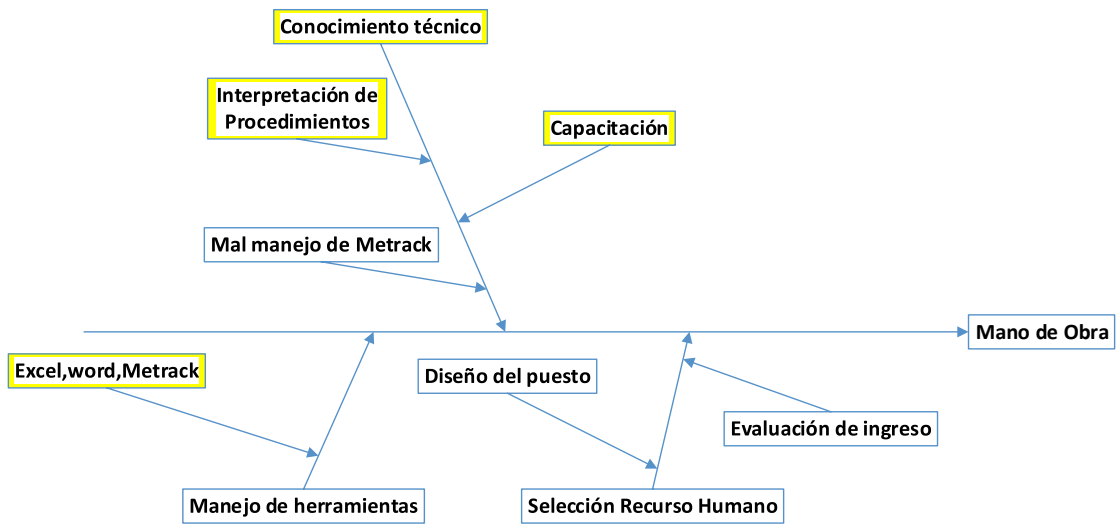
Selección (Recurso humano): Descripción del cargo adecuadamente con la facilidad de manejar y adaptación de tecnologías y software nuevos.

#### Conclusión:

Acorde al estudio de las posibles causas de la problemática #8 y acorde a la constancia de este problema en contra a la calidad del laboratorio se decide atacar la mano de obra y la revisión de métodos específicamente en procedimientos internos debido a que los procedimientos en el software Metrack son normalizados y si se crean falencia seria por el poco conocimiento de la mano de obra al afrontar tal procedimiento, llevándonos a indagar de nuevo por la mano de obra de la parte técnica.



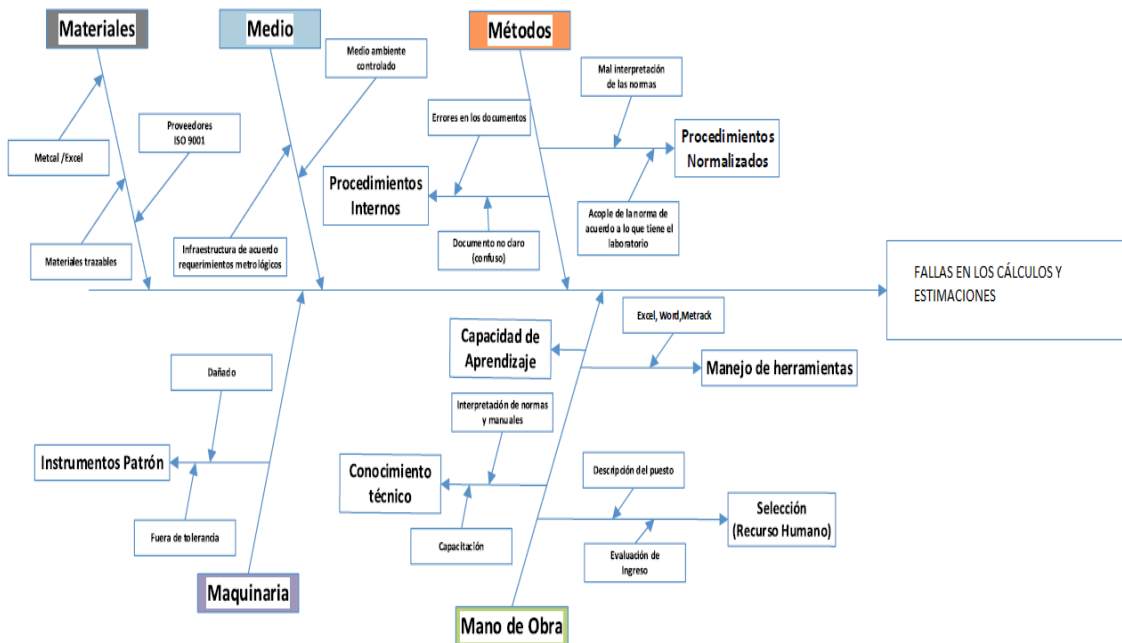
Se determina encaminar la evaluación de los procedimientos basados en la normalización de los mismos y haciendo énfasis en los procedimientos creados por el laboratorio.



Basándonos en el estudio de cada M y lo que incluye cada una de ellas se determina que la mano de obra es fundamental y que a su vez se hace necesario fortalecer en los aspectos de interpretación y aplicación de procedimientos, capacitación y en el manejo de herramientas de Office y software Metrack.



## Problema 2



El Problema 2: Informes con fallas en las estimaciones y los cálculos y se encuentran directamente relacionado con los conocimientos técnicos en metrología encargados de los equipos y los errores frecuentes que pueden presentarse, y que afecta la calidad del servicio de calibración como son: errores en los cálculos de tolerancia, estimaciones de incertidumbre, entre otros.

### Análisis del problema 2

**Maquinaria:** Instrumentos patrón y accesorios de trabajo.

**Instrumento Patrón:** Estos instrumentos por lo general nunca se encuentran fuera de tolerancia debido al cuidado, más sin embargo cuando se les encuentra algún comportamiento indebido se determina rápidamente debido a

los planes de mantenimiento preventivo e inter comparaciones intermedias realizadas por el laboratorio.

#### Materiales:

En rama del diagrama está el software, las normas y materiales trazables, las cuales se omiten en el origen del problema 2 debido a que el software es especialmente metrológico además esta validado, añadiendo que las normas son igualmente internacionales usadas por entes mundialmente reconocidos como NIST; FLUKE, UKAS, entre otras. Y que los materiales usados en calibraciones son trazables “metrológicamente hablando “por proveedores internacionalmente reconocidos.

#### Medio:

El laboratorio cuenta con las instalaciones acordes para realizar su trabajo como lo son tomas reguladas, iluminación adecuada, áreas debidamente divididas. En tanto a las condiciones ambientales están totalmente reguladas y se encuentran en una temperatura y una humedad de  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $45\%\text{RH} \pm 15\%\text{RH}$ . Además, existe procedimiento para cuando estas condiciones por algún motivo no se encuentran dentro del rango permitido.

#### Métodos:

En esta rama del diagrama se podría encontrar inconvenientes debido a que se encuentran procedimientos internos realizados por el laboratorio que según norma ISO/IEC 17025:2005 en conjunto con la NTC 3529 de la -1 a la -6 requieren una validación de los procedimientos los cuales el laboratorio no evidencia tratamiento y en los procedimientos normalizados se requiere una confirmación del método y estos trabajan en conjunto para evaluar la mano de obra y la eficacia del método.

#### Mano de Obra:

Debido a lo anterior en la validación del método no normalizado y a la confirmación del método normalizado, la mano de obra es un punto a tener en cuenta debido a la participación que este tiene en el procedimiento que de confirmación y validación.

Importante en cualquier trabajo de apreciación y cálculos y estimaciones la capacidad intelectual del individuo siempre es tomada en cuenta debido a su influencia en el resultado del trabajo final.

#### Conclusión.

Debido a las causas estudiadas en el diagrama del problema #2 se evidencia posibles fallas en las ramas, métodos y mano de obra por lo cual se define como objetivo del laboratorio realizar un estudio de validación y confirmación de métodos para determinar el cumplimiento de la norma ISO/IEC 17025:2005 en su numeral 5.9 Aseguramiento, el cual dará la información necesaria para determinar la rama la cual está fallando. En las pruebas a realizar se determina la capacidad del personal del laboratorio en que las medidas sean repetibles y reproducibles por lo cual antes de aplicar un método ya sea normalizado o no normalizado se decide en ejecutar un plan de capacitación estricto finalizando con atacar la mano de obra específicamente en el crecimiento del personal en su conocimiento técnico.



## 14. REVISIÓN DE LA HERRAMIENTA PARA MEDIR LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE.

La siguiente encuesta muestra cómo ven los clientes a la compañía de acuerdo a la prestación del servicio según el cuestionario presentado, el cual se diligenció a través de internet.

### Percepción del cliente

En el 2014 los clientes llenaron la encuesta de satisfacción del cliente y este fue el resultado

Tabla N° 14. Resultados de calificación del servicio por parte de los clientes. Año 2014

Q2	BASE BOG	Alpha	Baker H	Bio D	EIA	Indumel	Kassel G	Masa	Non Plus	Siemens	Star Oil	PROM A.
1	Existe claridad en el proceso de recepción de componentes*	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,90
2	Agilidad en la recepción de servicios AOG (Tiempo de Recepción)*	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	5,00	1,00	5,00	4,30
3	Atención oportuna a sus necesidades de servicio en la recepción de componentes*	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
4	Atención amable, calida y oportuna del representante de Avianca Services*	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,90
5	Entrega ágil y oportuna del componente*	5,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,80
6	Retroalimentación oportuna del estado del servicio (Proveedor)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
7	Solución a Inconvenientes durante el desarrollo del servicio en el taller.*	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,90
8	Rápida respuesta al servicio de garantía solicitado	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	5,00	5,00	5,00	4,90
9	Claridad en la liquidación de la tarifas de los servicios*	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
10	Percepción y satisfacción del servicio en su conjunto	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
CALIFICACIÓN GENERAL		5,00	4,60	5,00	4,90	4,90	5,00	4,70	5,00	4,60	5,00	4,87
NIVEL DE SASTISFACCION GENERAL		100,0%	90,0%	100,0%	97,5%	97,5%	100,0%	92,5%	100,0%	90,0%	100,0%	96,8%

Fuente: Encuesta de satisfacción del cliente. Año 2014

De acuerdo a lo anterior se evidencia complacencia del cliente en general excepto en el caso de que la calificación del cliente fue 1.

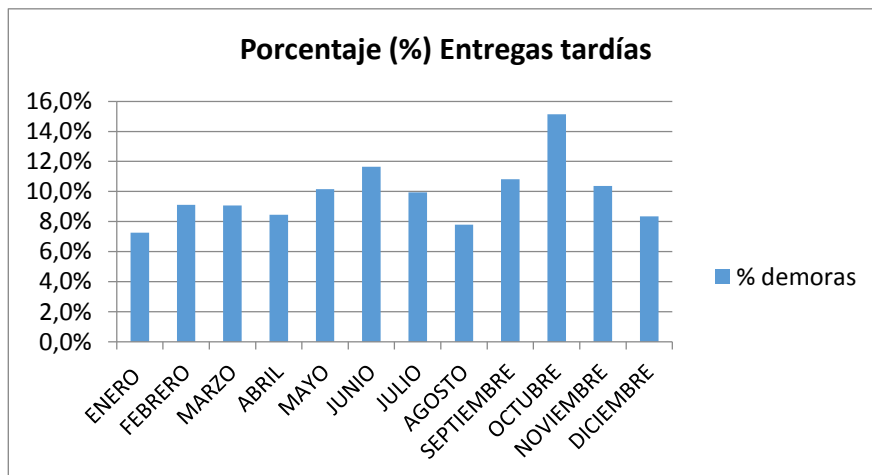
Debido a lo anterior se decide realizar un estudio de tiempo de entrega para validar la información expresada en las encuestas. Recolectando la información del año 2014 en servicios metrológicos se obtuvo lo siguiente:

Tabla N° 15. Información sobre las demoras. Año 2014

<b>AÑO 2014</b>				
<b>MES</b>	<b>N° Demoras</b>	<b>% Demoras</b>	<b>N° Servicios</b>	<b>%Servicios</b>
Enero	37	7,25%	510	6,97%
Febrero	52	9,12%	570	7,79%
Marzo	55	9,08%	606	8,28%
Abril	52	8,46%	615	8,40%
Mayo	62	10,15%	611	8,35%
Junio	73	11,64%	627	8,57%
Julio	61	9,95%	613	8,38%
Agosto	46	7,78%	591	8,08%
Septiembre	66	10,82%	610	8,34%
Octubre	102	15,13%	674	9,21%
Noviembre	68	10,37%	656	8,96%
Diciembre	53	8,35%	635	8,68%
Total	727	9,93%	7318	100,00%

Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

Gráfica N° 13. Porcentaje de entregas tardías en la entrega de equipos. Año 2014



Fuente: Informes de Inspección. Año 2014

De acuerdo a la tabla y gráfica anterior en relación a los porcentajes de entregas tardías, es de aproximadamente del 10%, sin embargo la compañía hoy tiene una medición de satisfacción óptima. Cruzando los cuadros de porcentajes de entregas tardías y la satisfacción del cliente externo se evidencia incongruencias entre ellas y se muestra que la herramienta no debe ser aplicada al cliente externo, sino al cliente interno del laboratorio siendo éste el que puede disminuir el impacto de las entregas tardías de los equipos calibrados.

En razón a ello, se propone que la herramienta debe ser diligenciada por los encargados del laboratorio (supervisores, metrólogos, personal técnico entre otros) quienes son los que participan directamente en el procedimiento de calibración de un equipo; teniendo en cuenta que debido a las causas problemas ya identificadas y éstas personas encontrarse dentro de una serie de actividades secuenciales y sistemáticas dentro de la calibración, resultaría útil implementar la herramienta para mejorar el desarrollo de dichas actividades y determinar la percepción del cliente interno.

## 15. PROPUESTA PARA IMPLEMENTAR UN PLAN DE CAPACITACIÓN Y DISMINUIR EL IMPACTO DE LAS CAUSAS DETERMINADAS POR ENTREGAS TARDÍAS Y CALIDAD DEL SERVICIO DE CALIBRACIÓN.

De acuerdo a las causas que más impactan en el proceso de calibración relacionado con los errores de estimaciones y cálculos y la falta de adherencia a los procedimientos inmersos en el proceso de calibración; se propone implementar un plan de capacitación enfocado a disminuir dichas causas. Dando cumplimiento a la norma ISO 9001:2008 en su numeral 6.2.1. Competencia, capacitación y concientización; en su literal a y b, la organización debe determinar la competencia que afecta el cumplimiento de los requisitos y dar capacitación o tomar otras acciones para satisfacer las necesidades, en razón a lo anterior, se determina proponer la implementación de un plan de capacitación acorde a las dos principales causas del problema para disminuir el impacto de las mismas dentro del proceso de calibración.

Las primeras acciones de capacitación deben dirigirse al jefe del laboratorio y a los coordinadores. El jefe y el coordinador técnico asistirán al personal técnico del laboratorio, quienes a su vez entrenarán a los pasantes y ayudantes de los técnicos.

El Jefe necesita al menos dos cursos de 40 horas de la norma ISO/IEC 17025:2005 de gestión numeral 4 y de la parte técnica numeral 5; los coordinadores necesitan un curso de 24 horas, el operativo de gestión y el técnico de la parte técnica de la norma añadiendo que este último deberá tener un curso por variable de 24 horas.

Los temas en los cuales los técnicos son instruidos incluyen principios de técnicas de medición, teoría de incertidumbre, análisis de problemas, estimación de incertidumbres, cálculos de error, interpolación, histogramas, cartas de control, hojas de revisión, técnicas de muestreo, presentación de resultados, entre otras.



El jefe y coordinadores deben ser ingenieros los cuales estén familiarizados y tengan una experiencia de al menos 5 años en metrología y aseguramiento a la calidad.

El programa de capacitación para técnicos en metrología está dirigido a habilitar al personal que formará parte de los éstos, enfatizando en las funciones principales de cada integrante:

- Jefe del Laboratorio.
- Coordinadores.
- Técnicos en metrología.

#### **Objetivos de la Capacitación:**

- Dar a conocer a los participantes el proceso de calibración de acuerdo la norma ISO/IEC 17025:2005 y sensibilizarlos de las ventajas que conlleva tanto para ellos como para la empresa.
- Despejar cualquier temor o duda que pueda tenerse acerca de las calibraciones acreditadas.
- Convencer a los participantes para que colaboren voluntariamente.
- Prepararlos para desempeñar su papel como miembros del laboratorio de acuerdo a su variable asignada.
- Habilitarlos en el manejo de las técnicas para solucionar problemas en métodos de medición y estimación de incertidumbres.
- Estimularlos para que asuman su compromiso como responsables de la organización y sostenimiento de la norma.
- Afinar la experticia técnica acorde las variables usadas y a las cuales tenga validadas en su área de trabajo.

**Tiempo Mínimo de Capacitación:**

8 horas. Una vez a la semana durante las sesiones ordinarias, o una sola sesión en mismo día fuera del sitio de trabajo. Dictado por el coordinador técnico y el jefe del laboratorio.

Lo anterior diseñado como concepto en general adicionando que para cada variable se incorpora un plan de monitorias durante el proceso de calibración de acuerdo a la variable desempeñada por el técnico en metrología.

El siguiente cronograma de estudios está diseñado para ser cumplido en un periodo de 8 horas por punto evidenciando su eficacia con un examen por nivel de duración de 3.5 horas.

El nivel-2 y nivel-3 se repetirá acorde a la variable que maneje o depende a la que el técnico en metrología quiera acreditarse.

**Temas Selectos para Iniciar la Capacitación Nivel-1:**

1. Motivación inicial (Importancia de la metrología en la industria y la normalización).
2. Conceptos básicos y procesos.
3. Principios físicos y diagramas.
4. Métodos de Calibración:
  - A) Directo.
  - B) Indirecto.
  - C) Transferencia.
5. Metrología por Variables
  - \* Dimensionales.
  - \* Masas y balanzas.

- \* Presión.
- \* Fuerza.
- \* Torque.
- \* Temperatura & humedad.
- \* Electrónica (DC, AC, Resistencia).
- \* Tiempo frecuencia y periodo.

6. Estimación de incertidumbres, cálculos de error, TAR & TUR Método directo.

- A) Identificación de fuentes de incertidumbre.
- B) Análisis del problema y recopilación de información.
- C) Selección del método.
- D) Cálculos de Error (porcentual, absoluto).
- E) Calculo de TAR y TUR.
- F) Estimación de incertidumbres:
  - Incertidumbres Tipo A
  - Incertidumbres Tipo B
  - Propagación de incertidumbres.
  - Combinación de incertidumbres.
- G) Criterios de aceptación.

**Temas Selectos para Iniciar la Capacitación Nivel-2:**

- 1. Estadística (Importancia de la estadística en la metrología).
  - 2. Conceptos y procesos según ISO/IEC 17025:2005 Y GUM.
  - 3. Principios físicos, diagramas en con transductores.
  - 4. Métodos de Calibración con coeficientes de sensibilidad.
- A) Directo.
  - B) Indirecto.

C) Transferencia.

5. Estimación de incertidumbres, cálculos de error, TAR, TUR por Método directo, indirecto y transferencia usando coeficientes de sensibilidad.

A) Identificación de fuentes de incertidumbre.

B) Análisis del problema y recopilación de información.

C) Selección del método.

D) Cálculos de Error (porcentual, absoluto).

E) Cálculo de TAR y TUR.

F) Estimación de incertidumbres:

- Incertidumbres Tipo A
- Incertidumbres Tipo B
- Propagación de incertidumbres.
- Combinación de incertidumbres.

### **Temas Selectos para Iniciar la Capacitación Nivel-3:**

Para el Nivel 3 se maneja personalizado de manera que sean cursos específicos dependiendo área y magnitud empleada.

- Electrónica: Tiempo & frecuencia.  
RF.  
Calibradores Multipropósitos de 6 dígitos y medio.  
Potencias trifásicas e ángulos de fase.  
Modulación VOR, AM & FM
- Temperatura: Calibración de RTD, PRT y SPRT.  
Calibración de termopares.  
Metrología IR.

- Presión: Principio de Presión con balanzas de pesos muertos  
Calibración de instrumentos pitos-táticos.  
Calibración en vacío.
- Dimensionales: Calibración de bloques patrón.  
Calibración Galgas con máquinas de coordenadas.  
Calibración de volumen con patrones  
tridimensionales.
- Torque: Calibración de transductores con principio de torque  
(masas).  
  
Calibración de plataformas de pesaje de aviones.  
Caracterización de transductores de fuerza.

#### **Temas Selectos para Iniciar la Capacitación Nivel-4:**

Para el siguiente plan de capacitación va dirigido al personal administrativo y va dirigido al cumplimiento de la norma ISO/IEC 17025:2005 numeral 5.9 “Aseguramiento a la calidad” como lo son:

- Coordinador Técnico
- Coordinador Administrativo
- Jefe del laboratorio
- Área de inspección
- Técnico de metrología nivel 4 (candidato de remplazo)

Al personal descrito anteriormente se le realizara los siguientes cursos.

- Estadística descriptiva: Ubicación, Dispersión y Forma
- Desviación estándar característica
- Prueba t y prueba F
- Carta de control de promedio y rangos:

Enfoque MSA, límites de control Sesgo->Estabilidad, Variabilidad-> Constancia

- Verificación de instrumentos.
- Diseño de comprobaciones-verificaciones intermedias.
- Selección y determinación de límites de control.
- Estudios de sesgo y estabilidad
- Estudios de precisión (repetibilidad, reproducibilidad, precisión intermedia) y consistencia (ANOVA "promedio, rango" ANOVA "2factores")
- Ensayos de Aptitud.
- Validación de Métodos.

## 16. PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD EN EL CALIBRACIÓN QUE IMPACTE COMO MECANISMO DE CONTROL PARA ASEGURAR LOS TIEMPOS DE ENTREGA Y LA CALIDAD DEL SERVICIO.

A través de la herramienta AMEF se encontró las fallas potenciales que afectaban el desarrollo del proceso de calibración, se evidencio que los valores de modos de falla como Severidad, ocurrencia y detección, se encuentran muy altos en cada de los procesos, esto como consecuencia el Número de Prioridad de Riesgo NPR es mayor a 100. Se analizó cada proceso y luego se efectuaron las acciones correctivas, colocando controles para que los valores modos de falla severidad, ocurrencia y detección, disminuyera y se definió que el valor NPR después de realizar las acciones correctivas sea menor a 85, con esto se garantiza que cada proceso tenga un control adecuado para evitar fallas potenciales que afecten a los procesos de calibración. Con la elaboración del nuevo AMEF se propuso los nuevos controles que afectaba los modos de falla y se recalculo el valor de NPR verificando que las acciones tomada si eran eficaces y disminuyeron los riesgos, con ello se observa la mejora en el sistema de gestión de control de calidad del laboratorio, mejorando los tiempos de entrega y la calidad el servicio, con esta propuesta se procedió a realizar un nuevo diagrama de flujo.

Con la realización del AMEF al sistema actual se determinó que los procesos en la actualidad carecen de puntos de control. Los rombos dentro de su diagrama son rombos de decisión más no de control por lo que el nuevo sistema que se implemente debe otorgarle al sistema control y al analizar el AMEF realizado, se obtiene la información necesaria.

De acuerdo al nuevo diagrama en el cual se implementan las acciones y procesos de control se evalúa el un nuevo AMEF, el cual brindara la información nuevamente necesaria para ahora seguir con la mejora continua y así sucesivamente hasta llegar a un sistema totalmente controlado con un margen de error mínimo.

Dentro del diagrama se maneja diferentes colores los cuales describen procesos ya sean de apoyo y principales y están descritos de la siguiente manera:

Azul oscuro: Describe los procesos realizados por la mano de obra técnica.

Marrón: Describe los procesos en los cuales involucra la jefatura y/o coordinación.

Azul claro: Proceso realizado por el área de inspección.



**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF)**

Nombre del Proyecto	MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES
Responsable:	Andres Barbosa

Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R	Acciones remplazadas
Asignación del Equipo al técnico	Demora en la calibración del equipo	Equipo sin calibrar	7	El equipo fue asignado al técnico incorrecto	6	No hay	No hay	7	294	Asignación del instrumento según coordinación y según registro de firmas autorizadas	Coordinación	Recibo y despacho hace un filtro por variable y la coordinación administrativa generara un reporte diario y asignara el equipo al tecnico adecuado					Asignación por coordinación del instrumento al técnico / Validación de firmas autorizadas y on the job training
Evaluación técnica del equipo o de la Solicitud de servicio	Resultados de la evaluación deficientes	Evaluación incorrecta del personal técnico	5	Personal inadecuado para su evaluación	7	No hay	Equipo apto para calibración	6	210	Asignar las responsabilidades de acuerdo al perfil del personal técnico	Personal Técnico del Laboratorio	Crear un escalafon dentro del personal que los motive y permita adquirir experiencia antes de asignarle grandes responsabilidades					N/A
Calibración en el sitio	No hay calibración en el sitio	No se puede calibrar el equipo	5	Cierre del Laboratorio	4	Validación de capacidades dentro del laboratorio	No hay capacidad se devuelve el equipo	6	120	Validar las capacidades con frecuencia	Personal Técnico del Laboratorio	Mantener las capacidades vigentes					N/A
Equipo apto para calibración	No es apto el equipo para calibrarlo en el laboratorio	Devolución del equipo	4	No hay la adecuada inspección al ingreso del equipo al Laboratorio	5	Inspección del equipo	Rechazo o devolución de equipos no aptos para la calibración	5	100	Inspección mas rigurosa	Personal de Inspección	Controles en la inspección					N/A
Haga una carpeta al Equipo y adjunte documentos técnicos, si aplica.	Carpeta del equipo desactualizada o sin documentos	Pérdida de los documentos	7	Servidores y equipos deficientes	5	No hay	No hay	6	210	Back up de la información en diferentes servidores	Personal Técnico del Laboratorio	Solicitar a IT validación de los repositorios de la información y copias de seguridad de forma periodica					N/A
Verifique requisitos del cliente, procedimiento técnico, norma técnica o manual aplicable y Condiciones ambientales	Verificación errónea del procedimiento y del manual	Equipo mal calibrado	6	Procesos deficientes, poca información del equipo a calibrar	5	No hay	Revisiones a los documentos	4	120	Redefinir un flujograma del proceso de calibración de forma acertada y clara	Personal Técnico del Laboratorio	Modificar el diagrama del proceso de calibración. Validarlo frecuentemente y actualizarlo					N/A
Identificación y Configuración de patrones de Calibración	Patrones de calibración errados	Devolución del equipo al cliente, sin ser calibrado	6	Falta un pla de mantenimiento preventivo para los equipos patrones	6	No hay	No hay	6	216	Crear un plan de mantenimiento preventivo.	Personal Técnico del Laboratorio	Seguimiento mensual al plan de mantenimiento preventivo.					N/A
Es posible la calibración automática	Error en la calibración automática	Daños inducidos al equipo	5	Equipos patrones en mal estado o sin el mantenimiento adecuado	6	Mantenimiento programado de los equipos	No hay control	6	180	Verificar los mantenimientos programados	Jefe del Laboratorio	Cronograma de mantenimiento de los equipos					N/A
Diseño Hoja de datos	Errores al ingresar datos	Falla en la calibración	7	Diseños de hojas deficientes	5	No hay	No hay	5	175	Crear formatos de hojas de datos que se ajusten a todos los equipos	Personal Técnico del Laboratorio	Actualización a los formatos, validación de su diligenciamiento y control sobre los datos ingresados					Asignación coordinación técnica /Creación y/o corrección de formulario

**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF)**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES
Responsable:	Andres Barbosa

Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R	Acciones remplazadas
Revisión de la Hoja de Datos y Correcciones, si aplican	Hojas de datos erradas	Calibración mal efectuadas	6	Distracción del técnico cuando hace el registro	4	No hay	No hay	6	144	Verificación de las hojas despues de hacer los registros	Coordinador Técnico	Validar que los registros esten de acuerdo al equipo que se va a calibrar.					Validación del nuevo formulario/ El formulario esta acorde a lo neceitado /Revisión de la Hoja de Datos y Correcciones, si aplican
Aprobación de la hoja de datos, registro y control en el L.M.C.D	Rechazo de las hojas de datos	Datos mal ingresados	7	Falta verificación de los registros en las hojas de datos	5	No hay	No hay	6	210	Verificar las hojas de datos en los tiempos permitidos.	Coordinador Técnico	Evaluar esta revisión sin ue afecte el tiempo de entrega al cliente final					N/A
Validación de la hoja de datos en MET/TRACK	Perdida de la hoja de datos del equipo a calibrar	Demora en la entrega del equipo calibrado al cliente.	8	Validación de las hojas de datos en tiempos no adecuados con el proceso	6	No hay	No hay	5	240	Establecer tiempos de verificación de hojas de datos y ejecución de la calibración de forma adecuada	Jefe del Laboratorio	Tener claro el proceso de como se deben registrar los datos para que no se confundan con otro equipo o se pierdan,					Validación del nuevo formulario
Calibración del Equipo	Certificaciones vencidas	Calibración no efectuada	7	Falta planeación en los procesos del laboratorio	5	No hay	No hay	5	175	Establecer prioridades en la administración del laboratorio	Personal Técnico del Laboratorio	Cronograma de certificaciones adecuado, con seguimiento periodico; estableciendo controles de alertas.					PROCESO DE CALIBRACIÓN
Aplica o se requiere ajuste	No requería ajuste	Equipo mal calibrado	6	No se verificó adecuadamente la actividad	5	Validar la actividad que aplica para el equipo	Devolver el equipo a la otra actividad	5	150	Verificar detenidamente lo que aplica a cada equipo	Personal Técnico del Laboratorio	Verificación del equipo y seguir las actividades del proceso.					N/A
Ajuste/Reparacion	Diagnostico errado	Repración o ajustes innecesarios	6	Daños en el equipo	6	No hay	No hay	5	180	Ejercer control en los diagnosticos del proceso de calibración	Personal Técnico del Laboratorio	Hacer controles en el proceso que pemitir reducir el error por un diagnostico					N/A
Inspección del Proceso	Equipo mal calibrado	Devolución del equipo al inicio del procesos, reprocesos	6	No hay controles, proceso deficiente, personal poco capacitado.	7	No hay	No hay	6	252	Socializar el proceso de calibración y validar que todos los responsables conozcan su rol y sus responsabilidades	Personal de Inspección	Mejorar el proceso de calibración, haciendolo mas claro y con controles evidentes.					N/A
Etiqueta calibración o calibración limitada, como se requiera	Calibración incompleta	Perdida del cliente	6	Inspección inadecuada de los equipos cuando se reciben.	6	No hay	Verificación del equipo	4	144	Pocoso de inspección mas detallado	Personal Técnico del Laboratorio	Controles eficientes en la inspección y recibo de los documentos					Asesoría en coordinación/ Comunicación con el cliente
Incertidumbre de medición	Mediciones erroneas	Datos ingresados con errores	5	No hay control en el registro de datos	6	No hay control	No hay control	6	180	Validar los datos ingresados	Personal Técnico del Laboratorio	Verificar los datos que se ingresan					N/A

**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF)**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES
Responsable:	Andres Barbosa

Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R	Acciones remplazadas
Aprobación de documentos	Documentos incompletos	No se puede calibrar el equipo	5	Equipo sin documentos, no hay información para efectuar el proceso	6	No hay	Inspección del equipo y sus respectivos documentos	5	150	Verificación física de los documentos y el equipo antes de recibirle al cliente.	Personal de Inspección	Devolver al cliente equipos que no tengan la documentación adecuada					Proceso de Documentación/Proceso de Inspección
Diligenciar documentos de retorno en MET/TRACK	Sistema no conocido por el técnico	Devolución del equipo sin justificación	4	No hay registro para la devolución de equipos	5	No hay	No hay	5	100	Auditar el proceso de calibración de laboratorio	Jefe del Laboratorio	Cronograma de auditorías a todo el proceso del laboratorio, y seguimiento a los reportes y establecer planes de mejora					Proceso de Documentación
Solicite información	Poca información	Equipo no calibrado	6	El cliente no tiene la información requerida	4	No hay	No hay	5	120	Devolución de equipos por información incorrecta o pocos datos	Jefe del Laboratorio	Retroalimentar al cliente de las devoluciones y justificar la devolución adecuadamente					Evaluar Capacidad
Diligenciar Docs. de Calibración/ Reparación MET/TRACK y etiqueta de Calibración, si aplica	Documentos no diligenciados correctamente.	Cliente insatisfecho	5	Personas técnico no capacitado, no hay controles específicos en cada proceso	8	No hay	No hay	6	240	Validar que los datos sean diligenciados correctamente y el tiempo especificado en el proceso	Personal Técnico del Laboratorio	Verificación de los datos, no solo por el técnico sino también por el líder o jefe del laboratorio.					Proceso de Documentación
Inspección de Documentos	Documentos insuficientes	Devolución del equipo al cliente, sin ser calibrado	6	El cliente no tiene los datos completos del equipo	6	No hay	Documentos correctos	5	180	Establecer filtros adecuados para la revisión de los documentos frente al cliente.	Personal de Inspección	Retroalimentar al cliente porque se le solicitan documentos para efectuar la calibración.					Proceso de Inspección
Solicitud de Correcciones aplicable	Solicitudes no efectuadas	Equipo sin calibrar	4	Poco tiempo del técnico para realizar este paso del proceso	6	No hay	No hay	5	120	Inspeccionar rigurosamente los documentos y el equipo para no recibir equipos que no se puedan calibrar.	Personal Técnico del Laboratorio	Deben ser claros los requisitos con los que el técnico debe recibir el equipo antes de iniciar el proceso					Asesoría en coordinación/ Comunicación con el cliente/El cliente acepta calibración sin opiniones
Revisión de Requisitos y Acciones correctivas, si aplican	Requisitos incompletos	Devolución del equipo al cliente	5	Múltiples responsabilidades del técnico al mismo tiempo	4	No hay	No hay	6	120	Hacer seguimiento adecuado a las responsabilidades generales del personal técnico	Jefe del Laboratorio	Seguimiento periódico y evaluación del proceso					Verifique requisitos del cliente, procedimiento técnico, norma técnica o manual aplicable y Condiciones ambientales
Guardar datos de la calibración, en la Red SGC/Registros	Perdida de los datos	Falta de archivos históricos	4	Reprocesos cada vez que el equipo ingrese al laboratorio	5	No hay	No hay	5	100	Validar que los archivos se guarden en un repositorio.	Personal Técnico del Laboratorio	Crear archivos con copias de seguridad que puedan ser guardadas en servidores.					Proceso de Documentación
Retomar el equipo al cliente	Daños en el equipo o pérdida del equipo	Perdida del cliente, pago del equipo	6	Responsable de los procesos no establecidos	6	No hay	No hay	6	216	Controlar el proceso, desde que se recibe el equipo hasta que se recibe la aceptación del cliente	Personal de Logística	Verificación, actualización y corrección de los procesos.					Liberación por Inspección/Devolución instrumento al cliente (ALMACEN) con certificado de calibración
Entregar del equipo y documentación	Perdida de documentos	Cliente molesto	6	Procesos con responsables no especificados	7	No hay	No hay	5	210	Establecer en el proceso el responsable del equipo y todos los documentos que se deben anexar y diligenciar.	Almacén de Herramientas	Entrega del equipo y toda su documentación por parte del técnico que lo recibió y fue el responsable en todo el proceso.					Devuelto instrumento al cliente (ALMACEN) con certificado de calibración

### Guía de Severidad para AMEF de Proceso (escala cualitativa 1 - 10)

Efecto	Rango	Criterios
No	1	Sin efecto en el producto o procesos subsecuentes
Muy Ligero	2	El Cliente muy probablemente no notará la falla. Efecto muy ligero en el desempeño del producto / proceso. Falla no vital notada a veces
Ligero	3	Cliente ligeramente molesto. Efecto ligero en el desempeño del producto o proceso. Alguna falla no vital notada muchas veces
Menor	4	El Cliente experimenta una incomodidad menor. Efecto menor en el desempeño del producto o proceso. La falla no requiere reparación. Falla no vital siempre notada
Moderado	5	El Cliente experimenta alguna insatisfacción. Efecto moderado en el desempeño del producto / proceso. Falla en parte no vital requiere reparación
Significativo	6	El Cliente experimenta incomodidad. El desempeño del producto / proceso esta degradado, pero operativo y seguro. Parte no vital inoperable
Mayor	7	Cliente insatisfecho. Efecto mayor en el proceso; retrabajo / reparaciones sobre la parte son necesarias. El desempeño del producto / proceso severamente afectado pero funcional y seguro. Subsistema inoperable
Extremo	8	Cliente muy insatisfecho. Efecto extremo en el proceso; equipo dañado. Producto inoperable pero seguro. Sistema inoperable.
Serio	9	Efecto potencialmente peligroso. Capaz de detener el producto sin daño - falla dependiente del tiempo. Interrupción a las operaciones subsecuentes del proceso. Cumplimiento con la regulación del gobierno en peligro
Peligroso	10	Efecto peligroso. Falla súbita - involucrada la seguridad. No cumplir con la regulación del gobierno

### Guía de Ocurrencia para AMEF de Proceso (escala cualitativa 1 - 10)

Cpk	Detección	Rango	Criterios	CNF/1000 *
>1.67	Casi nunca	1	Falla improbable. La historia no registra fallas	<.00058
>1.50	Remota	2	Escaso número de fallas posibles	0,0068
>1.33	Muy Ligera	3	Muy pocas fallas posibles	0,0633
>1.17	Ligera	4	Pocas fallas posibles	0,46
>1.00	Baja	5	Número ocasional de fallas posibles	2,7
>0.83	Media	6	Número medio de fallas posibles	12,4
>0.67	Moderadamente Alta	7	Número frecuentemente alto de fallas posibles	46
>0.51	Alta	8	Número alto de fallas posibles	134
>0.33	Muy Alta	9	Número muy alto de fallas posibles	316
<0.33	Casi cierta	10	Falla casi cierta. Existe un historial de fallas de diseños similares o previos	>316

### Guía de Detección para AMEF de Proceso (escala cualitativa 1 - 10)

Detección	Rango	Criterios
Casi cierta	1	Los controles presentes casi siempre detectan la falla. Controles para detección confiables se conocen y usados en procesos similares
Muy Alta	2	Muy alta posibilidad de que los controles presentes detectarán la falla
Alta	3	Muy buena posibilidad de que los controles presentes detectarán la falla
Moderadamente Alta	4	Posibilidad moderadamente alta que los controles presentes detectarán la falla
Media	5	Posibilidad media de que los controles presentes detectarán la falla
Baja	6	Posibilidad baja de que los controles presentes detectarán la falla
Ligera	7	Posibilidad ligera de que los controles presentes detectarán la falla
Muy Ligera	8	Posibilidad muy ligera de que los controles presentes detectarán la falla
Remota	9	Posibilidad remota de que los controles presentes detectarán la falla
Casi imposible	10	No se conocen controles disponibles para detectar la falla

**Proceso/Producto  
Análisis del Modo y Efecto de la Falla  
(AMEF) NUEVO**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Responsable:	Andres Barbosa	Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Verificar solicitud de ingreso. #Orden. Tipo de Calibración. Formato Diligenciado	Mal ingreso de parte de Avianca Services	Certificado erróneo o puntos de calibración erróneos	6	Manejo no adecuado de los equipos a calibrar	2	No hay control	Formulario de ingreso	3	36	Establecer proceso de comunicación frontal con el área de ingreso de terceros con el área de ingreso del laboratorio.	Almacenista/ Analista Comercial/ Coordinación técnica					
El instrumento cumple con lo necesario para el ingreso	Ingresar un instrumento no apto para calibración o con un requerimiento diferente.	Demora en una respuesta al cliente sin realizarle el servicio deseado.	5	Personal sin conocimiento suficiente para determinar los parámetros de un ingreso de cualquier instrumento.	3	No hay control	Evaluación técnica del equipo y de la solicitud del servicio.	3	45	Crear un instructivo de recibo y despacho y anexarlo como procedimiento que informe a quien solicitar dado el caso el instrumento sea complejo y nuevo	Almacenista/ Comercial/ Coordinación técnica/ Coordinación administrativa					
Recibo (instrumento bajo prueba)	Ingreso incorrecto al sistema y/o datos incorrectos con la base de datos de Avianca Services.	Demora en una respuesta al cliente sin realizarle el servicio deseado.	2	Ingreso erróneo por parte de recibo de Avianca Services y el analista comercial.	2	No hay control	Evaluación técnica del equipo y de la solicitud del servicio.	4	16	Se crea un campo en el ingreso del software matrack para agregar notas las cuales son de atención para quien se dispone calibrar el instrumento.	Almacenista/ Analista Comercial/ Técnico en metrología.					
Asignar el instrumento según variable e ingreso al sistema	Ingreso de instrumento a calibrar a un laboratorio diferente al adecuado y/o sin notificaciones acordadas por el cliente.	Demora en la calibración del instrumento.	4	Instrumento tenga mas de una variable a ser calibrada/ no conocimiento de parte del almacenista	2	No hay control	Evaluación técnica del equipo y de la solicitud del servicio. / Apoyo de parte de la coordinación técnica y según instructivo	4	32	Se crea un campo en el ingreso del software metrack para agregar notas las cuales son de atención para quien se dispone calibrar el instrumento./Crear un instructivo de recibo y despacho y anexarlo como procedimiento que informe a quien solicitar dado el caso el instrumento sea complejo y nuevo	Almacenista/ Analista Comercial/ Técnico en metrología.					
Asignación del instrumento al laboratorio según variable	Asignación al laboratorio no adecuado	Demora del instrumento y calibración errónea del instrumento.	7	Personal sin capacitación / Sobrecarga del personal con capacitación	2	No hay control	No hay control	2	28	Realizar plan de capacitación y acompañamiento según complejidad del instrumento./Realizar plan de asignación de instrumentos, según su complejidad.	Coordinaciones/ Jefatura					
Verificar lista de firmas autorizadas y Lista de turnos.	Asignación del instrumento al mismo personal de siempre	Demora en las calibraciones y sobrecarga laboral	2	Producción requerida y mal asignación de los instrumentos a calibrar.	3	No hay control	TAT (índice de demoras de instrumentos a calibrar)	2	12	Diseñar planes de trabajo en conjunto a una capacitación constante.	Coordinaciones Y jefatura					
Asignación de instrumentos según Lista de turnos	No encontrar personal adecuado para la calibración del instrumento.	Demoras en la calibración y/o proceso de calibración erróneo	3	Programación de capacitación con falencias / Mal manejo del personal.	3	No hay control	No hay control	2	18	Planes de acción en la selección del personal	Coordinaciones Y jefatura					
El técnico esta presente y tiene la firma autorizada	El técnico no esta presente	Existen reprocesos, correcciones y el técnico no se encuentra generando demoras	2	Planes de trabajo y reemplazos inadecuados.	2	No hay control	No hay control	2	8	Planes de acción en la selección del personal/ capacitación y evaluación de la misma	Coordinaciones Y jefatura					

**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF) NUEVO**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES
Responsable:	Andres Barbosa

Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Evaluación técnica del equipo o de la solicitud del servicio	No se realiza	Calibración no conforme al servicio	7	Quejas/ Reclamos/Trabajo no conforme	3	Evaluación técnica del equipo según Administrador técnico	No hay control	2	42	Realizar formato de criterios básicos de aceptación previo al proceso de calibración	Técnico					
Es posible la calibración del instrumento?	Se recibe instrumento y se entrega después de un periodo largo sin en el servicio de calibración.	Demora en la entrega del instrumento. Demora del sinstrumento y sin calibración. Quejas y reclamos.	3	Falta de administración de los coordinadores del laboratorio.	8	No hay control	No hay control	2	48	Crear un inventario de los estados de los instrumentos los cuales estén actualizados con el operación indicada por los coordinadores.	Coordinadores					
Verificar requisitos del cliente, procedimiento técnico, norma técnica o manual aplicable y condiciones ambientales	No se tienen en cuenta las necesidades del cliente.	Prestación del servicio inadecuado indicado por el cliente.	7	Mal ingreso por parte del area recibo y despacho/ Falta de atención por parte del cuepor técnico del laboratorio.	5	Formulario de ingreso	Evaluación técnica del equipo y de la solicitud del servicio. / Apoyo de parte de la coordinación técnica y según instructivo	1	35	Establecer un procedimiento específico para recibo y despacho como para la parte técnica.	Almacenista/ Analista Comercial/ Coordinación técnica/ Coordinación administrativa					
Identificación y configuración de los patrones de Calibración	Usar patrones inadecuados exponiendo patrones a situaciones erróneas.	Daño de patrones referencia para el laboratorio.	9	Falta de capacitación y documentación por parte del laboratorio de calibración.	3	No hay control	No hay control	3	81	Establecer procedimiento y controles donde se evalúe en el instrumento necesario cumpliendo un TUR 4:1	Técnico/ Coordinaciones/ Jefatura					
Se cumple los requisitos y el laboratorio cuenta con la capacidad	Emitir certificado incumpliendo requisitos	Trabajos no conformes.	5	realizar pruebas no acreditadas y certificarlas como acreditadas propuestas en el alcance del laboratorio.	2	No hay control	No hay control	1	10	El procedimiento general de calibración incluí estudio del CMC dentro de las capacitaciones y procedimientos.	Técnico					
Verificar procedimiento	Calibrar instrumento sin procedimiento alguno	No conformidad según ISO/IEC 17025:2005	6	Procedimiento insuficientes/ capacitación del laboratorio	2	No hay control	No hay control	2	24	Establecer tareas y control acorde las necesidades del laboratorio por parte de coordinación técnica.	Coordinación/ Jefe					
Es posible calibración automática	Procedimiento automatico con fallas/ Uso de procedimientos no vigentes pero utilizables en el sistema.	Calibración incorrecta del instrumento bajo prueba. Quejas recalcos y no conformidades ante las autoridades.	5	Poco control en el sistema- registro de formularios automáticos.	2	No hay control	No hay control	2	20	Realizar procedimiento de control y verificación de formularios acorde manuales, procedimientos y documentos normativos.	Coordinación/ Jefe					
Existe hoja de datos	Existe hoja inadecuada	Calibración incorrecta del instrumento bajo prueba. Quejas recalcos y no conformidades ante las autoridades.	5	Poco control en el sistema- registro de formularios automáticos.	2	No hay control	No hay control	2	20	Realizar procedimiento de control y verificación de formularios acorde manuales, procedimientos y documentos normativos.	Coordinación/ Jefe					

**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF) NUEVO**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Responsable:	Andres Barbosa	Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R
CALIBRACIÓN UBP	Calibración incorrecta del instrumento	Quejas Demoras Reprocesos	7	Capacitación personal Compromiso del personal Asignación de trabajos adecuados.	2	No hay control	No hay control	3	42	Realizar un programa de capacitación y de seguimiento de desempeño de habilidades.	Coordinación/ Jefe					
Es posible tomar datos y son repetibles	Evaluación incorrecta del instrumento	Devolucion y/o demora del instrumento a calibrar	2	Falta de capacitación al dar un mal criterio Falta de manuales e información necesaria para realizar el trabajo.	2	Evaluación técnica del equipo según Administrador técnico	Es posible la calibración del instrumento?	2	8	Es posible la calibración del instrumento?	Técnico/ Coordinación técnica					
Ajuste/Reparación	Ajuste incorrecto y/o	Devolucion y/o demora del instrumento a calibrar	2	Falta de capacitación al dar un mal criterio Falta de manuales e información necesaria para realizar el trabajo.	3	Asistencia Técnica	Fue posible ajuste y/o reparación	2	12	Asignar procedimientos de asignación de tareas complejas acorde al nivel del técnico en metrología acorde a su salario.	Técnico					
Llenar hoja de datos y estimar de incertidumbre	Hoja de datos incorrecta / Falencias en la estimación de Unc y office.	Devoluciones Quejas No conformidades Pérdida del cliente	8	Capacitación Sobrecarga Laboral	1	Aprobación de la hoja de datos, registro y control en el listado maestro de documentos L.M.C.D	EL formato cumple con los requerimientos	1	8	Realizar diagrma de tareas acorde días de descanso, capacitación, turnos y competencia del personal acorde a su nivel	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
Verificar tolerancias e incertidumbres	Mal calculo de TUR/TAR incertidumbres	Devoluciones Quejas No conformidades Pérdida del cliente	3	Capacitación Información fuente incorrecta	2	No hay control	Inspección	2	12	establecer procesos de control diferentes al de inspección.	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
El criterio de aceptación da FAIL	Criterio de aceptación FAIL cuando no lo es	Devoluciones Quejas No conformidades Pérdida del cliente	2	Capacitación Hojas de datos incorrectas.	2	Asistencia Técnica	Inspección/ Comunicación con el cliente	2	8	Establecer en el formato diligenciado por el cliente si acepta previamente este criterio.	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
Realizar Certificado de Calibración	Información incorrecta en el certificado.	Devoluciones Quejas No conformidades Pérdida del cliente	3	Mal creado el instrumento Información incorrecta ingresada por el técnico	3	No hay control	Inspección	1	9	Ajustar sistema metrack para minimizar errores dando opciones controladas.	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
Realizar correcciones	Realizar una corrección indebida e incorrecta	trabajo no conforme	2	Mala descripción de un procedimiento, mal seguimiento del mismo, competencia técnica.	2	Inspección	Inspección	2	8	Revisar constantemente procedimiento acorde su retroalimentación	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					



**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF) NUEVO**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Responsable:	Andres Barbosa	Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Fue posible ajuste y/o reparación	Ajuste incorrecto y/o daño del instrumento	Instrumento fuera de servicio: Quejas -Reclamos Pérdida del cliente.	3	Capacitación Información Herramienta adecuada.	2	Asistencia Técnica	No hay control	3	18	El laboratorio conseguirá una póliza para los peores casos y la capacitación deberá ser teoría-práctica para evaluar destrezas del personal técnico	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
Diligenciar formato de retorno	Formato llenado incorrectamente.	Incongruencias en el certificado generando quejas y reclamos	2	No seguir procedimientos descritos en el manual de procedimientos	2	No hay control	No hay control	2	8	Añadir en la capacitación acerca los formatos con registro de leer y firmar.	Técnico/ Coordinación técnica/ Técnico					
Inspección Certificado de Calibración e instrumento según procedimiento usado y alcance reportado por el laboratorio.	Dar firma a un informe incorrecto	Producto no conforme acorde certificado produciendo quejas, reclamos y reprocesos.	2	No existe procedimiento para la inspección del documento otorgando la opinión como estándar de juzgamiento.	7	No hay control	No hay control	2	28	Generar procedimiento para establecer criterios de release e información necesaria para los certificados de calibración. Capacitar al personal de inspección para dar release por variable teórico-practico.	Inspector					
El certificado e instrumento cumplen con los requerimientos	Firmar certificado con errores	Producto no conforme.	8	No hay criterios descritos en un procedimiento y falta de capacitación del área de inspección	1	No hay control	No hay control	1	8	Generar procedimiento para establecer criterios de release e información necesaria para los certificados de calibración. Capacitar al personal de inspección para dar release por variable teórico-practico.	Inspector					
Dar release al trabajo	Dar release a un trabajo no conforme	Producto no conforme.	7	Carga laboral y/o capacitación	2	No hay control	No hay control	1	14	Adaptar turnos y agilizar el software para la gilidat en el proceso de inspección	Inspector					
Evaluación técnica del equipo según Administrador técnico	Evaluación errónea del instrumento.	Mal criterio de aceptación	7	Falta de capacitación/ Manuales/ información y experticia del personal técnico.	2	No hay control	No hay control	1	14	Capacitación exhaustiva a la coordinación. Exigencia de información necesaria para su fin.	Coordinación/Jefe					
Es posible la calibración del instrumento?	Evaluación errónea del instrumento.	Servicio no conforme	4	Falta de capacitación/ Manuales/ información y experticia del personal técnico.	2	Verificar requisitos del cliente, procedimiento técnico, norma técnica o manual aplicable y condiciones ambientales	No hay control	1	8	Establecer el procedimiento acorde situaciones alternas a la calibración que optimicen tiempos y se establezca que hacer en aquellas situaciones autoritariamente.	Coordinación/Jefe					
Diseño hoja de datos	Diseñar hoja de datos compleja para la parte técnica y/o inaceptable para la misma	Cálculos y estimaciones erróneas reportadas al cliente creando no conformidades incumpliendo 5,4 y 5,9 de la ISO/IEC17025:2005	3	Poco entendimiento del comento normativo y/o mala preparación en office y/o estimación de la incertidumbre, acorde método usado.	3	Revisar hoja de datos y correcciones si aplican	Revisar hoja de datos y correcciones si aplican	2	18	Realizar procedimiento de validación.	Coordinación/Jefe					

**Proceso/Producto**  
**Análisis del Modo y Efecto de la Falla**  
**(AMEF) NUEVO**

Nombre del Proyecto	PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL SERVICIO DE METROLOGÍA EN UN LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS INDUSTRIALES	Preparado por: Evaristo Rodríguez	Página 1 de 1
Responsable:	Andres Barbosa	Fecha AMEF (Orig) _____ (Rev) _____	

Paso del Proceso	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potenciales	S E V	Causas Potenciales	O C U	Controles Actuales de Prevención	Controles Actuales de Detección	D E T	N P R	Acciones Recomendadas	Resp.	Acciones Tomadas	S E V	O C U	D E T	N P R
Revisar hoja de datos y correcciones si aplican	Realizar una mala corrección acorde a documento normativo y/o necesidad del usuario.	Cálculos y estimaciones erróneas reportadas al cliente creando no conformidades incumpliendo 5,4 y 5,9 de la ISO/IEC17025:2005	3	Poco entendimiento del comentario normativo y/o mala preparación en office y/o estimación de la incertidumbre, acorde método usado.	1	No hay control	Validación de la hoja de datos	2	6	Establecer pares y equipos de trabajos que realicen tareas de confirmación de métodos y validación de formularios como aseguramiento a la calidad.	Coordinación/Jefe					
Validación de la hoja de datos	Validar incorrectamente justificando su fin	Cálculos y estimaciones erróneas reportadas al cliente creando no conformidades incumpliendo 5,4 y 5,9 de la ISO/IEC17025:2005	3	Poco entendimiento del comentario normativo y/o mala preparación en office y/o estimación de la incertidumbre, acorde método usado.	1	Revisar hoja de datos y correcciones si aplican	No hay control	2	6	Realizar procedimiento de validación.	Coordinación/Jefe					
Aprobación de la hoja de datos, registro y control en el listado maestro de documentos L.M.C.D	No control y/o Registro inadecuado de formularios y procedimientos .	No conformidad en 5,8 control de datos ISO/IEC17025:2005	2	Acceso de varias personas con control. No existe evidencia quien modifica el documento. Falta de actualización de la persona encargada	2	Validación de la hoja de datos	Revisar hoja de datos y correcciones si aplican	2	8	Establecer tareas de control y verificaciones trimestrales en la actualización de L.M.C.D	Coordinación/Jefe					
Asistencia Técnica	Asistencia insuficiente.	No hay claridad en la asistencia	2	Poco entendimiento del comentario normativo y/o Problemas con el uso de la unidad bajo prueba Falta de información	1	No hay control	No hay control	2	4	Capacitación y convenio con INM, fabricantes con la finalidad de la solución de dudas .	Coordinación/Jefe					
Fue posible ajuste y/o reparación	Ajuste incorrecto : Falla del instrumento. Daños y/o desajuste del instrumento.	Ajuste innecesario Mala medición Daño del instrumento Queja/reclamos/no conformidades	2	Capacitación Información Herramienta adecuada	1	No hay control	No hay control	3	6	Establecer póliza en caso de daños y fortalecer capacitación en parte practica	Coordinación/Jefe					
Comunicación con el cliente	Mala comunicación con cliente entregando información incorrecta y/o ambigua.	Ambigüedad de la información e inconformidad del cliente	2	Discrepancia en la información	3	No hay control	No hay control	2	12	Establecer un personal , capacitar con su reemplazo para la comunicación directa y eficaz con el cliente.	Coordinación/Jefe					
El cliente acepta las condiciones actuales del instrumento	Información incorrecta y/o ambigua acorde necesidad del cliente.	Discrepancia con acuerdo del cliente	3	No dejar todo por escrito como evidencia de lo solicitado.	2	No hay control	No hay control	2	12	Establecer un personal , capacitar con su reemplazo para la comunicación directa y eficaz con el cliente.	Coordinación/Jefe					



## 17. ANALISIS DE BRECHAS Y PROPUESTAS DE MEJORA.

Una vez identificado los impactos establecidos por cada una de las actividades y las causas determinadas que afectan en las entregas tardías y en la calidad del servicio; se realiza el siguiente análisis sobre el sistema de gestión de la calidad actual del laboratorio y las mejoras propuestas basándose en lo establecido en la norma ISO 9001:2008:

Proceso	Sistema de Gestión Actual	Sistema de Gestión Propuesto
<i>Documentación</i>	No hay evidencia de controles para el recibo, diligenciamiento y entrega actualizada de los documentos (informes e historias) de calibración de los equipo.	Se propone realizar los estudios de repetibilidad y reproducibilidad acordes a las actividades inmersas en el proceso de calibración. De acuerdo al numeral 8 Medición análisis y mejora, 8.1 Generalidades.
<i>Calibración</i>	El sistema actual se encuentra deficiencia en cuanto al entrenamiento del personal, capacidad técnica del laboratorio y seguimiento adecuado a los procedimientos establecidos.	La propuesta incluye la implementación de un programa de capacitación para el personal técnico y de seguimiento de desempeño de habilidades y adherencia a los procedimientos. De acuerdo al numeral 6 Gestión de los recursos, 6.2.2. Competencia, capacitación y concientización.

<p><i>Logística</i></p>	<p>Demoras en el aprovisionamiento de los materiales, herramientas y equipos necesarios, en la mayoría de los casos generando reproceso y pérdida de tiempo mientras se espera la llegada de estos.</p>	<p>Establecer los puntos de control propuestos en el nuevo diagrama de flujo del laboratorio y detectados en la aplicación del AMEF para disminuir tiempos de demora del área de recibo al laboratorio en el transcurso de la entrega de los equipos a calibrar. Lo anterior de acuerdo a lo establecido en la norma numeral 7 Realización del producto, 7.3.2. Elementos de entrada para el diseño y desarrollo.</p>
-------------------------	---	---

PROCEDIMIENTO		SISTEMA DE GESTIÓN ACTUAL	PROCEDIMIENTO PROPUESTO		PROPUESTA DE MEJORAMIENTO
OPERATIVO	ASEGURAMIENTO DE LA MEDICIÓN	Asegurar que el sistema cumpla con los requisitos de las normas internacionales en las calibraciones realizadas.	<b>ASEGURAMIENTO INTEGRAL DE LA CALIDAD DE LA MEDICIÓN</b>	<b>Calibración, Reparación y/o Ajuste de los equipos</b>	De acuerdo a lo requerido para el equipo (calibración, reparación y/o ajuste) el laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos adecuados para la calibración.
					De acuerdo a lo establecido en la norma ISO/IEC 17025:2005, numeral 5.4 Métodos de ensayo y calibración y validación de los métodos y en concordancia con el numeral 7.3.6. Validación del diseño y desarrollo de la norma ISO 9001:2008
ADMINISTRATIVO	PERSONAL	Asegurar que la selección, las competencias, la capacitación, la supervisión, los procesos de comunicación, las responsabilidades y las funciones del personal del laboratorio estén definidas de forma tal, que el sistema de gestión de la calidad del laboratorio cumpla con los requisitos la norma .	<b>DESARROLLO DE COMPETENCIAS DEL TALENTO HUMANO</b>	<b>CAPACITACIÓN</b>	Asegurar que la selección, competencias, responsabilidades y principios del personal se fortalezcan de acuerdo a las necesidades técnicas que se requieren en el laboratorio de acuerdo a lo establecido en numeral 6 Gestión de los recursos, 6.2. Recursos humanos, 6.2.1. Generalidades y 6.2.2. Competencia capacitación y concientización.
				<b>MOTIVACIÓN ACTITUDINAL</b>	Asegurar que el recurso humano desarrolle habilidades y competencias que le permitan mantener un alto nivel de

	PERSONAL		<b>DESARROLLO DE COMPETENCIAS DEL TALENTO HUMANO</b>		motivación tal que, la adherencia al sistema de calidad sea inherente a las actividades en el proceso de calibración; acorde al numeral 6.2.2. Competencia capacitación y concientización.
ADMINISTRATIVO	ACCIONES PREVENTIVAS, CORRECTIVAS Y DE MEJORA	Este procedimiento define el conjunto de acciones o actividades para identificar, analizar y eliminar las causas de las no conformidades potenciales en el sistema de gestión de calidad del laboratorio, a fin de evitar que estas situaciones se presenten.	<b>SEGUIMIENTO Y CONTROL TOTAL DE LA MEDICIÓN</b>	<b>ACCIONES CORRECTIVAS</b>	Atacar de manera precisa las etapas del proceso que presentan fallas y ocasionan retrasos en la calibración, reparación o ajuste de equipos, en concordancia con el numeral 8. Medición, Análisis y mejora, incluidos los numerales 8.1, 8.2, 8.3. y específicamente 8.5.2.
				<b>ACCIONES PREVENTIVAS</b>	Reducir el nivel de riesgo de errores en la calibración de equipos, diligenciamiento de hojas de datos y los errores en las estimaciones y cálculos de calibración, para lo cual se propone realizar el AMEF de manera periódica e identificar fallas potenciales de acuerdo al numeral 8.4. Análisis de los datos y específicamente numeral 8.5.3
				<b>ACCIONES DE MEJORA</b>	Eliminar los efectos de las causas que generan los reprocesos en la calibración de los equipos según especificaciones y requerimientos en razón a la implementación del numeral 8.5. Mejora

## 18. ESTUDIOS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD.

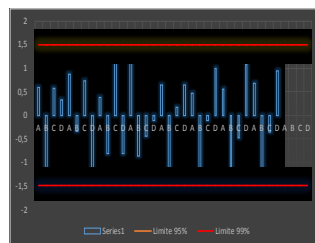
## SELECTIVIDAD

Observar si existen diferencias de medidas entre los Metrologos

Codigo	Metrologos
A	Sharon Mejia
B	Andres Marquez
C	Wilmar Giral
D	Andres Barbosa

CÁLCULO h DE MENDEL								
Posición de Puerta	0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	500 A
Metrología								
A	0.58784551	0.87514309	0.9718402	1.4293677	0.6419368	0.4586643	0.5487656	0.6727138
B	-0.14889272	-0.14895472	0.3131824	-0.3701487	0.6600574	1.1373734	-1.1447514	1.246495
C	0.57925051	0.27714633	1.24612272	0.4006656	0.16670552	-0.1153169	-0.47999063	0.356961
D	0.32136652	-0.26033008	-0.10754401	-0.1189833	0.6499134	0.9939539	-0.10754403	0.920743

LIMITE h DE MENDEL	
95%	1,42
99%	1,49



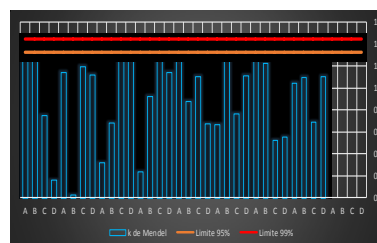
Punto de Prueba	0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
<b>Metrología</b>								
<b>A</b>	0,01582	0,0571	0,0564	20,18043	151,8836	303,767	607,7131	911,7221
	0,01551	0,0571	0,0565	20,17992	151,8785	303,7735	607,7163	911,7221
	0,01697	0,0579	0,0587	20,18172	151,8755	303,7613	607,7382	911,7087
	0,01697	0,0585	0,0551	20,1804	151,8702	303,763	607,7491	911,703
	0,01285	0,00684	0,00187	0,08171	0,13192	0,302457	605,8584	908,011
<b>B</b>	0,0111	0,00716	0,00884	0,09803	0,13111	0,32486	605,844	908,04
	0,01259	0,00709	0,00488	0,07913	0,15111	0,328647	605,8254	908,02
	0,01182	0,00692	0,00234	0,08131	0,151156	0,328665	605,829	908,015
	0,01598	0,05019	0,08995	20,08875	151,7529	303,475	606,5734	903,738
	0,01685	0,05029	0,08993	20,09592	151,7421	303,4706	606,5885	903,725
<b>D</b>	0,01648	0,05067	0,09775	20,09394	151,7524	303,4717	606,5783	903,745
	0,01589	0,05175	0,09785	20,09675	151,7497	303,4844	606,5861	903,734
	0,01590	0,05872	0,01326	20,11209	151,8775	304,099	608,3143	912,204
	0,0157	0,05733	0,00222	20,11235	151,8782	304,0367	608,3265	912,213
	0,0157	0,05755	0,00126	20,11457	151,8754	304,0593	608,3175	912,213
<b>E</b>	0,01558	0,05731	0,0013	20,11283	151,8826	304,0306	608,3106	912,21

PROMEDIO DE PROMEDIOS							
0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
0.015120625	5.016700069	10.0402781	20.1181288	151.7047191	303.533844	607.1168	910.42

DESVIACION ESTANDAR POR REPETIBILIDAD								
	0 A	0,5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
0.012338372	0.0000596139	0.000059640	0.004656622	0.000977650	0.004501041	0.00815772	0.01233837	0.01199533

CALCULO C DE MENDEL								
Punto de Prueba	0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
Metrologo								
A	1.28157637	1.141282218	0.520350535	0.240378313	1.245441818	0.664636375	1.384236716	1.041388847
B	1.32812922	0.428040564	0.683521308	0.972535878	0.877501423	1.226558688	1.226558688	0.977011646
C	0.75352517	1.19702603	1.360793042	1.336395473	1.107552955	0.76847753	0.525433232	0.693240345
D	0.16500478	1.427872281	1.256419634	1.141765964	0.627447289	1.110759996	0.550789343	1.10895194

LIMITE k DE MENDEL	
95%	1.33
99%	1.45



PROMEDIOS								
Punto de Origen	0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
Metrología								
A	0.0161375	5.0765	10.056675	18.020275	151.87695	303.7662	607.729	911.7167
B	0.01209	5.0007025	10.004825	18.008745	151.814225	303.856375	605.83965	908.023575
C	0.01613	5.050725	10.0595345	18.0985725	151.740975	303.475425	606.581325	909.735
D	0.01578	4.95722	10.00451	18.011265	151.87861	304.09738	608.31273	912.21323

DESVIACION ESTÁNDAR								
Punto de Prueba	0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
Metrologo								
A	0.000764	0.0006806986	0.0014939393	0.000235	0.005662447	0.005421562	0.017079227	0.0124972
B	0.00079175	1.47595E-05	0.003181366	0.0000624	0.0095	0.010742866	0.015137373	0.01126568
C	0.00044922	0.000713933	0.006336148	0.00138215	0.004985562	0.005638696	0.006482991	0.00831665
D	0.000010	0.00067	0.00585	0.00112	0.00303	0.00906	0.00680	0.01330

DESVIACION ESTÁNDAR DE LOS PROMEDIOS							
0 A	0.5 A	10 A	20 A	150 A	300 A	600 A	900 A
0.002036936	0.046729155	0.044230694	0.043451906	0.267275197	0.506593133	1.115594707	1.924959049

PRUEBA DE GRUBBS					
GRUBS MAXIMO	1,429367669	LIMITE 95%	2,215	RESULTADO	PASA
GRUBS MINIMO	-1,488492722	LIMITE 99%	2,387	RESULTADO	PASA

PRUEBA DE COCHRAN					
DEVIACION MAX	0,017079227	LIMITE 95%	0,684	RESULTADO	PASA
DEVIACION MIN	0,420073821	LIMITE 90%	0,388	RESULTADO	PASA



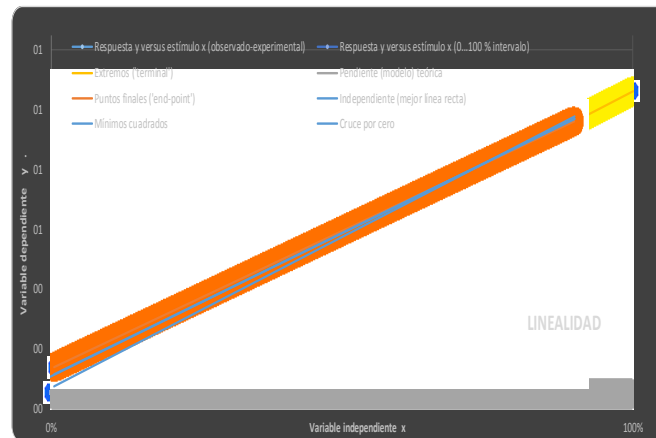
# Linealidad

Muestreo de Datos de Calibración menos repetible realizada por el Metrologo Código B supone que el error de ajuste o la corrección de un instrumento ideal es cero a lo largo de todo el intervalo nominal de indicación; Basada en los extremos ó límites ("terminal") entre los puntos inferior y superior del intervalo nominal de indicación del 0 % y el 100 %.

Observado experimental	
$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
0,087	0,005
0,027	0,020
0,381	0,300
0,911	0,900

Puntos finales ("end-point")	
$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
0,087	0,005
0,911	0,900

0...100% intervalo	
$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
0,000	0,000
0,087	0,005
0,027	0,020
0,381	0,300
0,911	0,900
1,012	1,000



límites (límites, "terminal")	
$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
0,000	0,000
1,012	1,000

pendiente (modelo) teórico	
$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
0,000	0,000
0,000	1,000

Punto de Prueba	Metrologos				Promedio	S	CV%	Varianza
Nominal	A	B	C	D		Estándar		
0 A	0,0163175	0,00079175	0,00044922	0,015775	0,00833337	0,00890992	106,918601	2,31483E-05
0,5 A	5,05765	5,00070025	5,050725	4,9577275	5,01670069	0,04679156	0,93271584	6,800195033
10 A	10,056675	10,0043825	10,095345	10,00451	10,0402281	0,04423069	0,44053475	0,000539434
20 A	20,1802375	20,080745	20,0985725	20,11296	20,1181288	0,04345191	0,21598384	0,004651467
150 A	151,87695	151,314225	151,749275	151,878425	151,704719	0,2672752	0,1761812	0,968688672
300 A	303,7662	302,856375	303,475425	304,037375	303,533844	0,50659313	0,1668984	4,162683883
600 A	607,729	605,83965	606,581325	608,317225	607,1168	1,1155947	0,1837529	16,88294741
900 A	911,7167	908,023575	909,7353	912,213225	910,4222	1,92429505	0,21136293	36,20741761

Curva de ajuste (regresión lineal), método de mínimos cuadrados (con algebra matricial en Excel)

Resultados de la Calibración		
Puntos	Error $E$	Indicación $I$
N	$\{y_i\}$	$\{x_i\}$
1,000	0,082	0,005
2,000	0,007	0,020
3,000	0,081	0,300
4,000	0,011	0,900
SUMA	0,181	1,225

Matriz de Variable Independiente		
$[X]$		
i-j	0	1
0	4,000	1,225
1	1,225	0,900

Incertidumbre Estándar de la Curva de Ajuste en el Intervalo ( $x_{\min}$ ... $x_{\max}$ )		
Valor Estimado	Error Residual	Desviación Estándar
$p(x_i)$	er	$s_{er}$
0,057	-0,025	$\pm 0,047$
0,057	0,050	
0,045	-0,036	
0,022	0,011	

Valor Independiente		
$x_{\min}$	$x_{\max}$	$x_i$
0	0,900	20,000

Modelo:  $y_i \approx p(x_i) = a_0 + a_1 \cdot x_i$

Matriz de Variable Dependiente (vector)		
grado	$\{y\}$	
m		
0	$\sum y$	0,181
1	$\sum y \cdot x$	0,035

Matriz de Varianza-Covarianza		
Inversa		
i-j	0	1
0	0,429	-0,583
1	-0,583	1,904

Matriz de Valor Independiente (vector)		
$\{x\}^T [C]^{-1}$		
1	1,000	-11,232
$x_i$	20,000	37,493

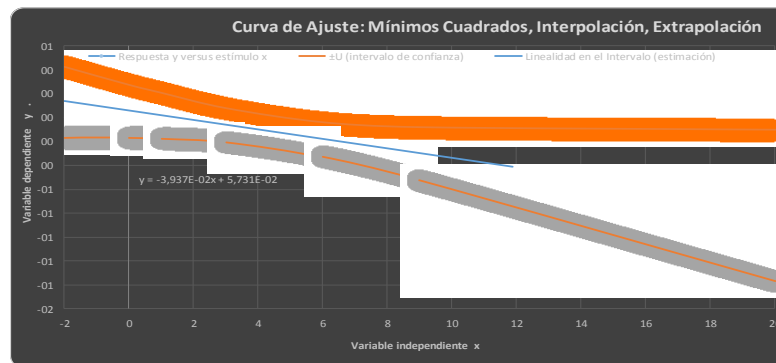
Incertidumbre Estándar	
$up(x_i) = s_{er} \cdot [\{x\} [C]^{-1} \{x\}^T]^{1/2}$	
$\pm 1,282$	

Matriz de Coeficientes (vector)	
$\{a\} = \{y\}^T [C]^{-1} = \{y\}^T [X]^T^{-1}$	
$a_0$	0,057
$a_1$	-0,039

Incertidumbre Estándar	
$ua_i = s_{er} \cdot (C_{ii})^{1/2}$	
$\pm 0,031$	
$\pm 0,0651$	

Cuadro de Intervalos de Confianza @ $k = t_{95,5\%}(N-m-1) = t_{\alpha}(v)$						Observaciones
Valor Independiente	Valor Estimado	Incertidumbre Estándar	Incertidumbre Expandida	Límite Inferior de Confianza	Límite Superior de Confianza	
$x_i$	$p(x_i) \approx y_i$	$u(x_i)$	$U(x_i)$	$p(x_i) - U(x_i)$	$p(x_i) + U(x_i)$	
-2	0,136	$\pm 0,065$	$\pm 0,294$	-0,158	0,430	extrapolado
0	0,057	$\pm 0,049$	$\pm 0,222$	-0,164	0,279	estimación experimental
1	0,018	$\pm 0,043$	$\pm 0,195$	-0,177	0,213	interpolado
3	-0,061	$\pm 0,032$	$\pm 0,145$	-0,206	0,084	estimación experimental
6	-0,179	$\pm 0,032$	$\pm 0,145$	-0,324	-0,034	estimación experimental
9	-0,297	$\pm 0,049$	$\pm 0,222$	-0,519	-0,075	estimación experimental
20	-0,730	$\pm 0,140$	$\pm 0,634$	-1,364	-0,096	extrapolado

Nota: los resultados se muestran con cifras significativas adicionales, para fines de validación de cálculos



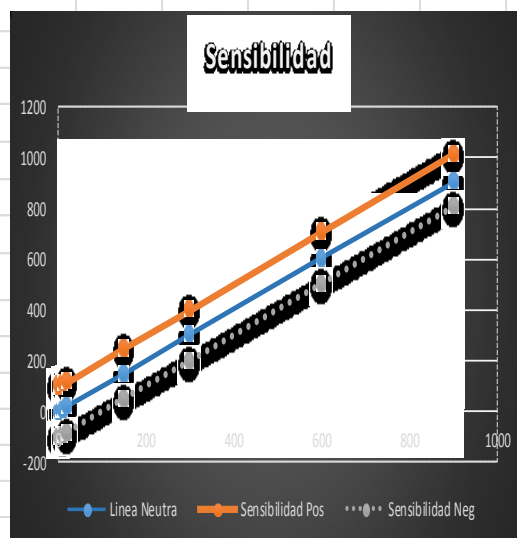
# Sensibilidad

N	$\{y_i\}$	$x_i\}$
0	0,015775	0
5	4,9577275	5
10	10,00451	10
20	20,11296	20
150	151,878425	150
300	304,037375	300
600	608,317225	600
900	912,213225	900
SUMA	2011,53722	1985

N	$\{y_i\}$	$x_i\}$
0	101,352663	0
0,5	106,294615	0,5
10	111,341398	10
20	121,449848	20
150	253,215313	150
300	405,374263	300
600	709,654113	600
900	1013,55011	900

N	$\{y_i\}$	$x_i\}$
0	-101,321113	0
0,5	-96,3791603	0,5
10	-91,3323778	10
20	-81,2239278	20
150	50,5415372	150
300	202,700487	300
600	506,980337	600
900	810,876337	900

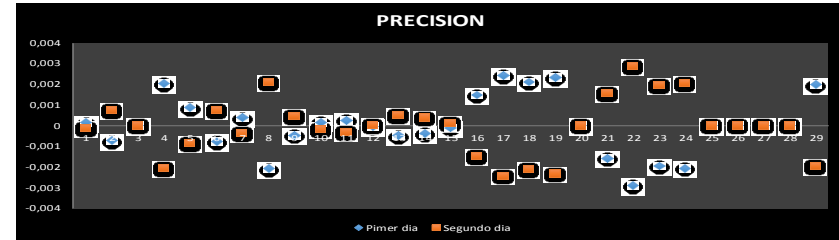
m	m Real
101,336888	1,01336888



En m se altera el resultado aumentandolo 100 veces mas para poder percibir cambio ya que el valor calculado es muy pequeño se concluye que invertir los cables en la medicion no es significativo para la lectura.

## Exactitud

Numero Valores	Primer día Y <sub>12</sub>	Segundo día Y <sub>2</sub>	Rango w <sub>2</sub>	Promedio	Primer día	Segundo día
1	0,01582	0,01551	0,00031	0,015665	0,000155	-0,000155
2	0,01551	0,01697	0,00146	0,01624	-0,00073	0,00073
3	0,01697	0,01697	0	0,01697	0	0
4	0,01697	0,01285	0,00412	0,01491	0,00206	-0,00206
5	0,01285	0,0111	0,00175	0,011975	0,000875	-0,000875
6	0,0111	0,01259	0,00149	0,011845	-0,000745	0,000745
7	0,01259	0,01182	0,00077	0,012205	0,000385	-0,000385
8	0,01182	0,01598	0,00416	0,0139	-0,00208	0,00208
9	0,01598	0,01685	0,00087	0,016415	-0,000435	0,000435
10	0,01685	0,01648	0,00037	0,016665	0,000185	-0,000185
11	0,01648	0,01589	0,00059	0,016185	0,000295	-0,000295
12	0,01589	0,01598	9E-05	0,015935	-4,5E-05	4,5E-05
13	0,0159	0,01685	0,00095	0,016375	-0,000475	0,000475
14	0,0157	0,01648	0,00078	0,01609	-0,00039	0,00039
15	0,0157	0,01589	0,00019	0,015795	-9,5E-05	9,5E-05
16	0,0158	0,01285	0,00295	0,014325	0,001475	-0,001475
17	0,01598	0,0111	0,005	0,01354	0,00244	-0,00244
18	0,01685	0,01259	0,00426	0,01472	0,00213	-0,00213
19	0,01648	0,01182	0,00466	0,01415	0,00231	-0,00231
20	0,01589	0,0159	1E-05	0,015895	-5E-06	5E-06
21	0,01285	0,01598	0,00313	0,014415	-0,001565	0,001565
22	0,0111	0,01685	0,00575	0,013975	-0,002875	0,002875
23	0,01259	0,01648	0,00389	0,014535	-0,001945	0,001945
24	0,01182	0,01589	0,00407	0,013855	-0,002035	0,002035
25	0,0159	0,0159	0	0,0159	0	0
26	0,0157	0,0157	0	0,0157	0	0
27	0,0157	0,0157	0	0,0157	0	0
28	0,0158	0,0158	0	0,0158	0	0
29	0,0158	0,01182	0,00398	0,01381	0,00199	-0,00199



Suma de cuadrados	0,00020796
Rango max	0,00575
Ccal	0,15898704
Clin Tabla	0,372

Suma de cuadrados	0,000207957
Rango max	0,00575
Ccal	0,158987118
Clin Tabla	0,382

Suma de cuadrados	0,00019139
Rango max	0,00575
Ccal	0,17274737
Clin Tabla	0,391

Precisión Intermedia	0,001882631
CV(%)=	12,59004327

Numero de Datos	Primer día		Segundo día	Promedios		Rangos	
	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>21</sub>	Primer día	Segundo día	Primer día	Segundo día
1	0,01582	0,01551	0,01648	0,015665	0,015937	0,000310	0,000815
2	0,01551	0,01697	0,01589	0,016240	0,016123	0,001460	0,000350
3	0,01697	0,01697	0,0159	0,016970	0,016613	0,000000	0,001070
4	0,01697	0,01285	0,0157	0,014910	0,015173	0,004120	0,000790
5	0,01285	0,0111	0,0157	0,011975	0,013217	0,001750	0,003725
6	0,0111	0,01259	0,0158	0,011845	0,013163	0,001490	0,003955
7	0,01259	0,01182	0,01598	0,012205	0,013463	0,000770	0,003775
8	0,01182	0,01598	0,01685	0,013900	0,014883	0,004160	0,002950
9	0,01598	0,01685	0,01648	0,016415	0,016437	0,000870	0,000065
10	0,01685	0,01648	0,01589	0,016665	0,016407	0,000370	0,000775
11	0,01648	0,01589	0,01285	0,016185	0,015073	0,000590	0,003335
12	0,01589	0,01598	0,0111	0,015935	0,014323	0,000090	0,004835
13	0,0159	0,01685	0,01259	0,016375	0,015113	0,000950	0,003785
14	0,0157	0,01648	0,01182	0,016090	0,014667	0,000780	0,004270
15	0,0157	0,01589	0,0159	0,015795	0,015830	0,000190	0,000105
16	0,0158	0,01285	0,0157	0,014325	0,014783	0,002950	0,001375
17	0,01598	0,0111	0,0157	0,013540	0,014260	0,004880	0,002160
18	0,01685	0,01259	0,0158	0,014720	0,015080	0,004260	0,001080
19	0,01648	0,01182	0,0158	0,014150	0,014700	0,004660	0,001650
20	0,01589	0,0159	0,01182	0,015895	0,014537	0,000010	0,004075
				Prom - Promis	0,014989		

Fuente	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	Media cuadrática esperada
Laboratorio	5,97684E-05	19	3,1457E-06	-7,86399E-07
Día	9,98345E-05	20	4,99172E-06	1,53954E-06
Error	5,87802E-05	20	2,93901E-06	2,93901E-06
Total	0,000218383	59		

Repetibilidad=	0,00171435
Precisión Intermedia (T)=	0,0019215
Reproducibilidad=	0,00211626

Error Normalizado

Z Score

Criterio de Desempeño En

Criterio de Desempeño Z

Ingrese los Siguietes Valores		5 A	20 A	300 A	900 A
<b>Xi</b>	Resultado Tecnico	4,958	20,113	304,037	912,213
<b>u(Xi)</b>	Incertidumbre Estándar del Tecnico	0,0265	0,1450	1,2000	3,0000
<b>Xref</b>	Valor de Referencia	5,000	20,200	302,500	908,300
<b>u(Xref)</b>	Incertidumbre Estándar del Lab. Referencia	0,010	0,120	1,020	2,550

Caso 1 (En)	0,75	Satisfactorio	Z-score 1	1,49	Satisfactorio
Caso 2 (En)	0,23	Satisfactorio	Z-score 2	0,46244912	Satisfactorio
Caso 3 (En)	0,49	Satisfactorio	Z-score 3	0,97615538	Satisfactorio
Caso 4 (En)	0,50	Satisfactorio	Z-score 4	0,99388	Satisfactorio

Probabilidad

PROBABILIDAD DE QUE EL VALOR DE REFERENCIA SE ENCUENTRA DENTRO DEL INTERVALO DE PROPABILIDAD DEL LABORATORIO								
Xref	uXref	u(Xi)	U(Xi)	a	b	b-Xref/uXref	a-Xref/uXref	p
5,0	0,0	0,027	0,05	4,9	5,0	1,07275	-9,52725	85,83%
20,2	0,1	0,1	0,29	19,8	20,4	1,691333333	-3,142	95,38%
302,5	1,0	1,2	2,4	300,1	304,9	2,353	-2,353	98,14%
908,3	2,6	3,0	6	902,3	914,3	2,352941176	-2,35294118	98,14%

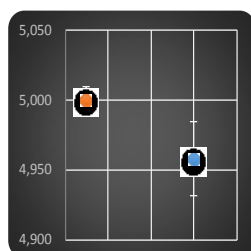
CASO 1

CASO 2

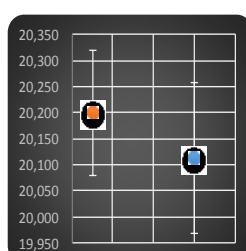
CASO 3

CASO 4

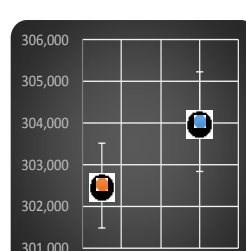
Medicion 5A



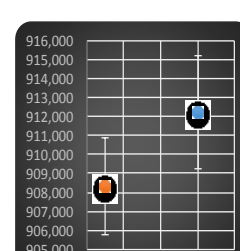
Medicion 20A



Medicion 300A



Medicion 900A



External Lab.  
Tecnico

Error Normalizado

Z Score

Criterio de Desempeño En

Criterio de Desempeño Z

Ingrese los Siguietes Valores		5 A	20 A	300 A	900 A
<b>Xi</b>	Resultado Tecnico	5,0482	20,096	303,470	909,725
<b>u(Xi)</b>	Incertidumbre Estándar del Tecnico	0,0270	0,1450	1,2000	3,0000
<b>Xref</b>	Valor de Referencia	5,000	20,200	302,500	908,300
<b>u(Xref)</b>	Incertidumbre Estándar del Lab. Referencia	0,010	0,120	1,020	2,550

Caso 1 (En)	0,84	Satisfactorio	Z-score 1	1,68	Satisfactorio
Caso 2 (En)	0,28	Satisfactorio	Z-score 2	0,55218677	Satisfactorio
Caso 3 (En)	0,31	Satisfactorio	Z-score 3	0,61617398	Satisfactorio
Caso 4 (En)	0,18	Satisfactorio	Z-score 4	0,36199737	Satisfactorio

Probabilidad

PROBABILIDAD DE QUE EL VALOR DE REFERENCIA SE ENCUENTRA DENTRO DEL INTERVALO DE PROPABILIDAD DEL LABORATORIO								
Xref	uXref	u(Xi)	U(Xi)	a	b	b-Xref/uXref	a-Xref/uXref	p
5,0	0,0	0,027	0,05	5,0	5,1	10,223	-0,577	71,80%
20,2	0,1	0,1	0,29	19,8	20,4	1,550583333	-3,28275	93,90%
302,5	1,0	1,2	2,4	300,1	304,9	2,353	-2,353	98,14%
908,3	2,6	3,0	6	902,3	914,3	2,352941176	-2,35294118	98,14%

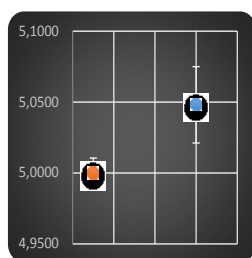
CASO 1

CASO 2

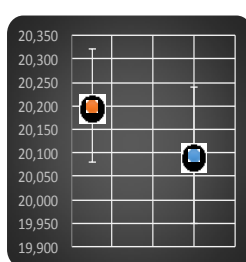
CASO 3

CASO 4

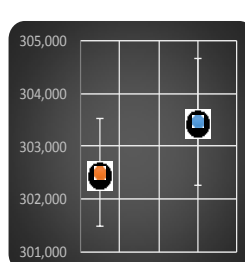
Medicion 5A



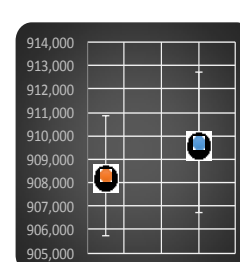
Medicion 20A



Medicion 300A



Medicion 900A



External Lab.  
Tecnico

Error Normalizado

Z Score

Criterio de Desempeño En

Criterio de Desempeño Z

Ingrese los Sigüientes Valores		5 A	20 A	300 A	900 A
<b>Xi</b>	Resultado Tecnico	5,044	20,096	302,932	908,818
<b>u(Xi)</b>	Incertidumbre Estándar del Tecnico	0,0265	0,1450	1,2000	3,0000
<b>Xref</b>	Valor de Referencia	5,000	20,200	302,500	908,300
<b>u(Xref)</b>	Incertidumbre Estándar del Lab. Referencia	0,010	0,120	1,020	2,550

Caso 1 (En)	0,78	Satisfactorio	Z-score 1	1,56	Satisfactorio
Caso 2 (En)	0,28	Satisfactorio	Z-score 2	0,55494956	Satisfactorio
Caso 3 (En)	0,14	Satisfactorio	Z-score 3	0,27448864	Satisfactorio
Caso 4 (En)	0,07	Satisfactorio	Z-score 4	0,13158692	Satisfactorio

Probabilidad

PROBABILIDAD DE QUE EL VALOR DE REFERENCIA SE ENCUENTRA DENTRO DEL INTERVALO DE PROPABILIDAD DEL LABORATORIO								
Xref	uXref	u(Xi)	U(Xi)	a	b	b-Xref/uXref	a-Xref/uXref	p
5,0	0,0	0,027	0,05	5,0	5,1	9,711	-0,889	81,30%
20,2	0,1	0,1	0,29	19,8	20,4	1,54625	-3,28708333	93,85%
302,5	1,0	1,2	2,4	300,1	304,9	2,353	-2,353	98,14%
908,3	2,6	3,0	6	902,3	914,3	2,352941176	-2,35294118	98,14%

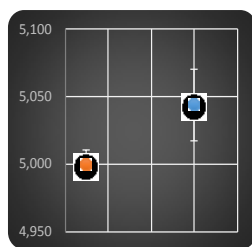
CASO 1

CASO 2

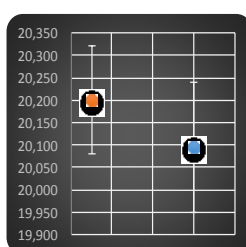
CASO 3

CASO 4

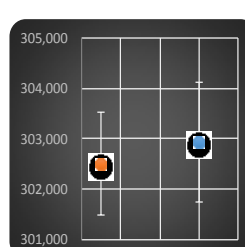
Medicion 5A



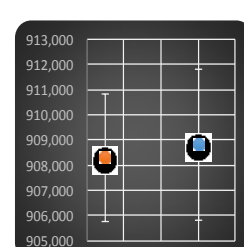
Medicion 20A



Medicion 300A



Medicion 900A



External Lab.  
Tecnico

Error Normalizado

Z Score

Criterio de Desempeño En

Criterio de Desempeño Z

Ingrese los Siguientes Valores		5 A	20 A	300 A	900 A
<b>Xi</b>	Resultado Tecnico	5,072	20,096	302,592	910,182
<b>u(Xi)</b>	Incertidumbre Estándar del Tecnico	0,0270	0,1450	1,2000	3,0000
<b>Xref</b>	Valor de Referencia	5,000	20,200	302,500	908,300
<b>u(Xref)</b>	Incertidumbre Estándar del Lab. Referencia	0,010	0,120	1,020	2,550

Caso 1 (En)	1,25	No Satisfactorio	Z-score 1	2,50	Cuestionable
Caso 2 (En)	0,28	Satisfactorio	Z-score 2	0,55372756	Satisfactorio
Caso 3 (En)	0,03	Satisfactorio	Z-score 3	0,05863758	Satisfactorio
Caso 4 (En)	0,24	Satisfactorio	Z-score 4	0,47786294	Satisfactorio

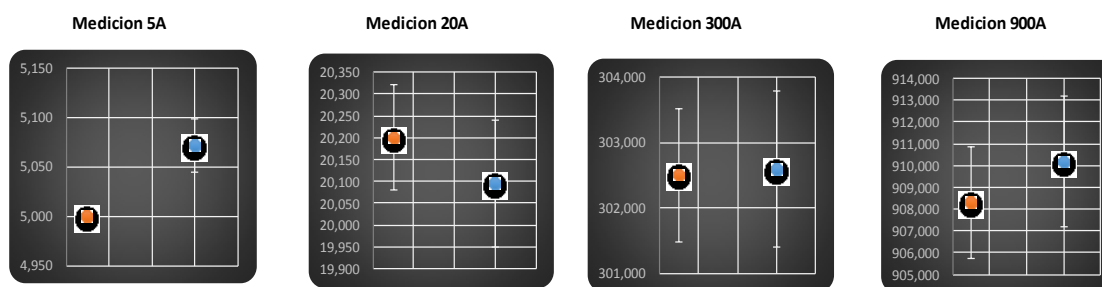
Probabilidad

PROBABILIDAD DE QUE EL VALOR DE REFERENCIA SE ENCUENTRA DENTRO DEL INTERVALO DE PROPABILIDAD DEL LABORATORIO								
Xref	uXref	u(Xi)	U(Xi)	a	b	b-Xref/uXref	a-Xref/uXref	p
5,0	0,0	0,027	0,05	5,0	5,1	12,609	1,809	3,52%
20,2	0,1	0,1	0,29	19,8	20,4	1,548166667	-3,28516667	93,87%
302,5	1,0	1,2	2,4	300,1	304,9	2,353	-2,353	98,14%
908,3	2,6	3,0	6	902,3	914,3	2,352941176	-2,35294118	98,14%

NUEVA Incertidumbre	U(Exp)
5 A	0,10

In certidumbre aprox. Que debio reportar para la dispersion que tuvo

Xref	uXref	u(Xi)	U(Xi)	a	b	b-Xref/uXref	a-Xref/uXref	p
5,0	0,0	0,05060951	0,101219024	5,0	5,2	17,33090239	-2,91290239	99,82%



External Lab.  
Tecnico



## 19. PROPUESTA DE PLAN DE AUDITORIA

Para mantener los mejoramientos propuesto en el desarrollo del proyecto, se realiza un plan de auditoría interna para llevar un control y lograr un buen funcionamiento del sistema de calidad en el laboratorio de calibración.

De acuerdo a la norma ISO 9001:2008 es necesario que se determine si el sistema de gestión de calidad cumple con las disposiciones establecidas en ella, con los del sistema de gestión de calidad y con los de la organización, además, si el sistema de gestión es implementado y mantenido de manera eficaz.

A través del plan de auditoría se realizan evaluaciones formales y periódicas, con el fin de detectar fallas al sistema y que requisitos no se encuentran acordes normas ISO aplicadas en el laboratorio y a las demás normas internacionales que lo rigen. Con esto, se garantiza un seguimiento y mejoramiento para los procesos y para ofrecer un buen servicio al cliente.

Las auditorias sugerías se deben realizarse anualmente y se debe realizar un seguimiento riguroso de los hallazgos encontrados en ella. El plan de auditoría una vez esté en marcha deberá generar un programa de auditoría que incluya todos los detalles de una auditoria como son la fecha de la auditoría, el alcance, auditores, horario, fecha y horario de apertura, fecha y horario de clausura.

Para lo cual, el grupo de investigación propone un modelo de plan de auditoría el cual deberá ser evaluado por la compañía para su aplicación y se deberá establecer el alcance y la frecuencia del mismo.

El plan de auditoría propuesto se presenta a continuación:

LAB CAL	<b>PROCESO EVALUACIÓN INTERNA DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN</b>  PLAN DE AUDITORIA	PR EV 1 V1	15/10/2015
		Versión 1.0	Página 2 de 1

PLAN DE AUDITORIA			
<b>OBJETIVO:</b> Verificar que el Sistema Integrado de Gestión -SIGE- se ha implementado y se mantiene de manera eficaz, eficiente y efectiva para satisfacer los requisitos del cliente, y es conforme con los requisitos de las normas NTC ISO 9001:2008 y NTC/IEC 17025:2008, legales y los del SIGE establecidos por el laboratorio de calibración. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la conformidad del sistema de gestión con los requisitos de la norma de sistema de gestión.</li> <li>• Evaluar la capacidad del sistema de gestión para asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el sistema de gestión de la calidad mejorado. legales y reglamentarios aplicables al alcance del sistema de gestión y a la norma de requisitos de gestión.</li> <li>• Determinar la eficaz implementación y mantenimiento del nuevo sistema de gestión de la calidad.</li> <li>• Identificar oportunidades de mejora en el sistema de gestión y en los procesos del laboratorio.</li> </ul>			
<b>ALCANCE:</b> Revisión y evidencia de los procesos y procedimientos actuales del laboratorio Cubre los Macroprocesos Estratégicos(Direccionamiento Estratégico, Mejoramiento Continuo y Coordinación y Articulación con las estrategias corporativas de la compañía ); Misionales (Gestión para calibración, Instrumentos y equipos, Herramientas y condiciones ambientales del laboratorio) Gestión de Logística, Gestión Administrativa, Gestión de las competencias (Gestión Humana), Gestión Tecnológica de la Información, Evaluación (Gestión de las herramientas tecnológicas del laboratorio de calibración).			
<b>CRITERIOS:</b> NTC ISO 9001: 2008, NTCGP1000:2009, NTCISO 14000:2004, NTCISO 27001:2006, OHSAS 18001:2007 + la documentación del Sistema de Gestión y los requisitos legales			
<b>EQUIPO AUDITOR:</b> Líder Equipo Auditor:		<b>Auditor 1</b>	<b>Auditor 2</b>
<b>Auditor3</b>			
<b>Experto Técnico:</b>			
<b>Responsable del Punto auditado:</b>			
<b>TIPO AUDITORIA:</b>			
<b>FECHA:</b>		<b>SITIO:</b> Hangar 3 Simón Bolívar Puente Aereo: xxx <b>HORA:</b>	
<b>Reunión de apertura:</b>		<b>HORA:</b>	
<b>Reunión de cierre:</b>		<b>HORA:</b>	

LAB CAL	<b>PROCESO EVALUACIÓN INTERNA DEL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN</b>  PLAN DE AUDITORIA	<u>PREV 1 V1</u>	15/10/2015
		Versión 1.0	Página 2 de 1

PROCESO Y/O ACTIVIDAD	REQUISITO POR AUDITAR (Norma ISO NTCGP 1000:2009, NTC ISO 9001:2008, NTC/IEC 17025:2008)	AUDITADOS CARGO Y NOMBRE	AUDITOR	FECHA	HORA	Área específica del Laboratorio

(1) La iniciación, terminación y horarios de la auditoría se adecuarán de acuerdo con el desplazamiento de auditores

**OBSERVACIONES:**

El proceso de Aseguramiento a la calidad de terceros, en cuanto a Seguimiento a servicios mediante el sistema de supervisión en el nivel zonal, será auditado inmerso en el Macroproceso Misional.

El proceso de Gestión Tecnológica de la Información, será evidenciado en cada punto auditado en lo referido a la provisión de los recursos tecnológicos (Hardware, Software, Comunicaciones), numeral 6.3 NTCGP 1000:2009

La información que se conocerá por la ejecución de esta Auditoría será tratada confidencialmente, por parte del equipo de auditores.

La duración de las entrevistas puede variar dependiendo de la organización de la documentación y los registros del SIGE.

Durante el desarrollo de la auditoría a los procesos del SIGE, se verificará en cada uno de ellos los respectivos Indicadores (8.2.3)

Elaborado: \_\_\_\_\_ Revisado: \_\_\_\_\_ Aprobado: \_\_\_\_\_

## 20. CONCLUSIONES

Como resultado de la implementación de herramientas estadísticas y la información obtenida en relación a las causas de mayor impacto en las entregas tardías y en la calidad del servicio de calibración y del análisis de los informes generados en el laboratorio de calibración, se puede concluir que las debilidades funcionales que se presentan en el sistema de gestión de calidad del laboratorio se debe a la falta de puntos de control críticos dentro del proceso y al autocontrol de los operarios en las actividades que se requieren para realizar la calibración, reparación y/o ajuste de un equipo; así como la determinación sobre qué actividad específica se debe realizar para el óptimo funcionamiento del equipo lo cual es determinado por el personal técnico encargado del proceso y en el que se relaciona directamente con el entrenamiento del mismo.

Lo anterior, se concluye como producto del análisis de causas de fallas que afectan directamente los tiempos de entrega de los equipos a calibrar como son los problemas estimaciones y cálculos de las variables a calibrar y la calidad del servicio en cuanto a factores relacionados con adherencia a los procedimientos establecidos en el proceso de calibración, el cual se identificaba como punto focal de los reprocesos en la calibración.

Este análisis se deriva de los registros encontrados en las bases de datos de software metrológico (Metrack) y del análisis detallado diagrama de flujo del sistema de gestión actual; por lo cual las propuestas realizadas para su mejoramiento generan un nuevo diagrama de flujo generado del análisis y criterios establecidos en el Análisis de modo y efecto de fallas en el que se establecen nuevas actividades y puntos de control que permitan realizar las calibraciones de los equipos de manera óptima, con las especificaciones requeridas por el cliente de acuerdo a su necesidad

y con la oportunidad en la entrega del equipo calibrado, reparado o ajustado según el caso.

Adicional a ello, se hace necesario la aplicación periódica de dicha herramienta (Análisis de modo y efecto de fallas AMEF) con el propósito de identificar los fallos actuales y potenciales dentro del sistema que permitan realizar mejoras y corroborar la efectividad de las nuevas actividades propuestas dentro del proceso, por las cuales se evidencie un resultado positivo en la realización de la calibración de los equipos.

La propuesta principal para disminuir los riesgos de fallas y efecto y su incidencia en el proceso de calibración es establecer actividades puntuales que permitan tener más control sobre el desempeño del trabajo en el equipo a calibrar que se refleje en la calidad y oportunidad de los equipos ya calibrados; por lo cual se establecen estudios para el cálculo de repetibilidad y reproducibilidad que permitan identificar de manera precisa las variables técnicas, ambientales y humanas que afectan la oportunidad y la calidad del servicio de calibración.

Para ampliar la propuesta de mejoramiento se establece un plan de capacitación para el personal técnico y especializado del laboratorio de calibración mediante el cual se afirme la adherencia a los procesos, procedimientos y la confiabilidad del resultado de la calibración de un equipo teniendo en cuenta sus especificaciones y los requerimientos del cliente.

Como extensión de esta propuesta, se propone llevar a cabo un programa de auditoría con un plan concreto como herramienta que permita verificar, evidenciar y asegurar la calidad en el proceso de calibración de acuerdo a las mejoras propuestas.

Finalmente, es necesario enmarcar las propuestas de mejoramiento del sistema de gestión de la calidad en el mejoramiento continuo y en la capacidad de renovar los

procesos con el fin de mantener y mejorar la posición del laboratorio de calibración dentro del mercado bajo los lineamientos de las normas internacionales que lo rigen y certifican.

## 21. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al laboratorio de metrología implementar las actividades que permitan generar puntos de control para mejorar el proceso de calibración en sus etapas más críticas.
- Es recomendable para el laboratorio de calibración, automatizar los procedimientos con las estimaciones de incertidumbres, cálculos de errores y tolerancia para minimizar errores humanos en lo relacionado al tratamiento de los datos y a los registros concernientes a la calibración, lo cual disminuirá los reprocesos.
- Se recomienda promover la participación en el plan de capacitación a todo el personal con el propósito de lograr un buen manejo de los procedimientos, el cumplimiento de los estándares establecidos y actitudes que propenda a la consecución de los resultados esperados en cuanto a la oportunidad en la entrega de los equipos calibrados.
- Es recomendable realizar el plan de auditoria para evaluar las medidas establecidas dentro de los procedimientos con el fin de verificar el cumplimiento de las mismas, que a su vez se verán reflejadas en el mejoramiento del sistema de gestión de calidad en el laboratorio de metrología.

## 22. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- «Vocabulario internacional de metrología - Conceptos básicos y generales y términos asociados (VIM)». Oficina Internacional de Pesas y Medidas (en inglés, francés). 2008. p. 28. Consultado el 19 de septiembre de 2013.
- Moro Piñeiro, María (2000). Metrología: introducción, conceptos e instrumentos. Universidad de Oviedo. p. 40. ISBN 9788483172315. Consultado el 19 de septiembre de 2013.
- «Recommended Calibration Interval». Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (en inglés). 15 de mayo de 2013. Consultado el 19 de septiembre de 2013.
- Restrepo Díaz, Jaime. Metrología II. ITM. p. 67. ISBN 9789588351445.
- Gestión de Calidad de proyectos/ Kenneth H. Rose. Editorial Panamericana. 2008.
- Antonio Creus. (2009). Instrumentos industriales, su ajuste y calibración. Barcelona: Marcombo.
- Centro de Metrología de España. (2012). Vocabulario Internacional de Metrología Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. Madrid : NIPO: 074-13-004-1 (Edición Digital).
- Guía General para el Aseguramiento de la medida. ([www.itcl.es/ficheros/GUIA%20GENERAL.pdf](http://www.itcl.es/ficheros/GUIA%20GENERAL.pdf) ).



- 1 Juran, J.M. y Godfrey, A.B.. (1999). Juran's Quality Hanbook. Nueva York: McGraw-Hill.
- Ishikawa, Kaoru (1990). Introduction to Quality Control. J. H. Loftus (trans.). Tokyo: 3A Corporation
- Introducción a la Historia de la Metrología, Carlos Granados, Apuntes Cursos de Doctorado, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid.
- 1 David C. McClelland. (1999). Estudio dela motivación humana. Madrid: Traducción y publicación Narcea Ediciones.
- 1 Lyle M. Spencer, Jr, Signe M. Spencer. (1991). Evaluación de competencia en el trabajo. Boston: McBer and Company.
- [http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso\\_9000.htm](http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso_9000.htm)
- Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025. 2005-10-26

## ANEXOS

### TIEMPOS DE CALIBRACIÓN

Teniendo en cuenta que el tiempo tardío en la entrega de los equipos calibrados es una de los aspectos internos descritos en el problema; es fundamental conocer los tiempos estimados para cada uno de los procedimientos de la calibración de acuerdo a las variables a manejar en el equipo y a las características solicitadas por cada cliente.

Tabla N° 1. Tiempos estimados de entrega de acuerdo a las variables de calibración.

TIEMPOS DE CALIBRACION				Tiempo de Entrega
Variable	Nombre del instrumento	Nivel de dificultad	Estimado proceso técnico (h)	Días
Presión	Manómetro	Baja	1,2	6
	Regulador	Baja	1,5	6
	Transductor	Media	3,5	8
	Patrón	Alta	4	10
Dimensionales	Pie de rey	Baja	1,5	6
	Micrómetros	Baja	1,5	6
	Reglas	Baja	1,5	6
	Cintas métricas	Baja	1,5	6
	Micrómetros Ópticos	Media	4	6
Masas y	Balanzas	Media	4	6

Balanzas	Toneladas			
	Balanzas promedio	Baja	1,5	6
	Balanzas Analíticas	Alta	4	8
	Masas (F)	Media	1,5	6
Fuerza	Dinamómetros	Media	2	6
	Tensiómetros	Media	4	6
	Basculas (fuerza)	Media	3	6
Torque	Torque directo	Media	2	6
	Transductores de Torque	Alta	7	10
Temperatura	Termómetros Digitales	Baja	3	6
	Termómetros Análogos	Medio	3	6
	Pirómetros IR	Baja	3	6
	Termo-higrómetros	Baja	2	6
	SPRT	Alta	6	8
	Bloques y Baños	Alta	8	8
Electrónica	Multímetros hasta 5 dígitos y medio	Media	2,5	6
	Multímetro 6 dígitos y medio y Calibradores	Alta	7	8
	RF, tiempo & Freq.	Alta	5	6
	Tacómetros	Baja	2,5	6
	Temperatura eléctrica	Media	2,5	6

	Instrumentos de Aeronavegabilidad	Alta	11	10
	Décadas (R,L,C)	Baja	3	6
	Megger-ohmmeters	Media	3,5	6
	Especiales	Media	4	8
Biomédica	Esfigomanómetros	Media	3	6
	Desfibriladores	Media	3,5	8

Los tiempos estimados mantienen un margen de tolerancia suficiente en caso de presentarse algún tipo de novedad que concluya la calibración del equipo, por lo cual se deben mantener las entregas en éstos rangos con el fin que no se refleje en la afectación de la calidad del servicio y la oportunidad de la entrega a manos del cliente.